INSTITUTIONES PHILOSOPHICÆ AD STUDIA THEOLOGICA POTISSIMUM...

François Jacquier



INSTITUTIONES PHILOSOPHICÆ
AD STUDIA THEOLOGICA POTISSIMUM ACCOMMODATÆ,

AUCTORE

FRANCISCO JACQUIER

EX MINIMORUM FAMILIA
PRIMARIARUM PER EUROPAM
ACADEMIARUM SOCIO,

IN LYCEO ROMANO, ET IN COLLEGIO
URBANO DE PROPAGANDA FIDE
PROFESSORE.

TOMUS QUINTUS

Quo Physicæ Pars Secunda, sive Physica Particularis continetur.





VENETIIS MDCCLXII.
SIMONIS OCCHI CURIS,
Superiorum permissu, ac Privilegio.

MONITUM.

CUM in prima Phyſices parte, univerſam Phyſicæ hujus noſtræ rationem atque methodum explicaverim, nihil eſt quod amplius adjungam. Monere duntaxat neceſſe eſt in Arithmeticæ & Geometriæ Elementa, me abſente, typis edita, irrepſiſſe typographicos errores plurimos qui ſtudioſis adoleſcentibus difficultatem afferre poſſent, ſi nullo utantur magiſtro. Itaque libellum hunc in præceptis & demonſtrationibus cæteroqui accuratiſſimum, ab omnibus mendis expurgari diligenter curavi, ita ut nihil ſit quod juvenes mediocri etiam ingenio præditos atque attentos retardare poſſit. Cæterum aſſirmare audeo, pro mea in his rebus peritia, demonſtrationes omnes ad Euclideam ſeveritatem, diverſa licet methodo, eſſe compoſitas; & non ſine magna animi voluptate expertus ſum adoleſcentes plurimos elementa illa celeriter arripuiſſe tantaque evidentiæ vi ut in ſuis demonſtrationibus labefactari non poſſint. Tandem probe meminiſſe oportet quis ſit harum inſtitutionum finis, quem fuſius in prima Phyſices parte declaravi, ac proinde hic rurſus minime explicandum.

In adjecto errorum typographicorum indice, erratum quoque in Phyſicæ generalis figura aliqua emendatur.

APPROBATIO.

Reverendissimi P. M. F. Thomæ Augustini Ricchinii jussis obtemperaturus perlegi incredibili animi voluptate egregium opus doctissimi eruditissimique viri Reverendiss. Patris Jacquier *Institutiones Philosophicas*, quo quidem in opere non modo de legibus motus, aliisque hujus facultatis partibus mira perspicuitate, copiaque doctrinæ singulari agitur, sed de computo etiam ecclesiastico, deque principiis Chronologiæ, aliisque, quæ ad eruditionem Ecclesiasticam conferre plurimum poterunt. Itaque dignum censeo quod in lucem edatur ut studiosæ juventuti præsertim Ecclesiasticæ utilitati esse possit.

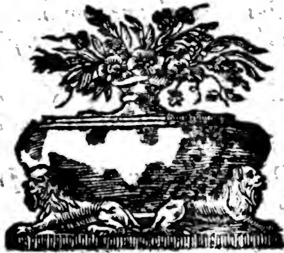
Dabam Romæ ex Monasterio S. Mariæ Novæ die 31. *Mense Augusto an.* 1761. D. ALOYSIUS STAMPA *Abbas Olivetanus, Promovendorum ad Episcopatum Examinator, & in Collegio Urbano de Propaganda Fide Studiorum Præfectus.*

IN.

INDEX.

ART.

Art.



PARS

PARS SECUNDA

PHYSICES

SEU PHYSICA PARTICULARIS.

SECTIO I.

De Fluidis.



Uplex generatim distingui debet fluidorum species; alia fluida nullum præbent elasticitatis indicium; qualis aqua vulgo creditur. Alia autem sunt eximie elastica, qualis est aer. Ad fluidorum doctrinam revocari etiam possunt quæ de lumine & igne a Physicis tractari solent. Totam hujus utilissimi argumenti amplitudinem in varia capita dividemus, distinctisque articulis explicabimus.

CAPUT I.

De fluidis generatim consideratis.

IN fluido quolibet quatuor affectiones potissimum considerari debent. 1. Fluidorum natura. 2. illorum æquilibrium. 3. Eorumdem motus. 4. Tandem resistentia.

ARTICULUS I.

De fluidorum natura.

I. FLuidum definiri solet *corpus omne cujus partes vi cuicumque illatæ cedunt*, *& ce-*

dendo facile moventur inter se. Singulas hujus definitionis partes explicabimus... 1. Hæc est primaria fluidorum proprietas ut partes cedant vi etiam minimæ & quæ sub sensus non cadat. Hinc patet illam fluidorum proprietatem a sensibus nostris pendere; Si enim organo tactus longe subtiliori donati essent homines, ita ut eam liceret deprehendere resistentiam quæ sensuum nostrorum potestatem fugit, jam corpora plurima non reputaremus fluida quæ tamen ut talia a nobis sentiuntur.... 2. Ad constituendum corpus fluidum, oportet minimas omnino esse illius particulas ita ut sensibus nostris sese subducant; Si enim corporis alicujus partes seorsim tangere aut videre liceat, tanquam fluidum haberi non debet corpus illud. Ita licet farina minutissimis constet particulis quæ levi digito statim moveantur; quia tamen digitis compressæ facile sentiuntur, fluida dici non debet farina. At si multo subtiliores evadant particulæ, ut fit dum panis dentibus atteritur, ventriculi & intestinorum actione subigitur ac tandem in chilum sanguinemque transmutatur, jam fluidi proprietates & nomen acquirit..... 3. Ut clara habeatur fluidorum notio, corpora *humida* cum fluidis, neque etiam fluida cum *liquidis* confundi debent. Corpora humida appellantur fluida illa quæ corporibus adhærescunt & in iis quædam relinquunt madoris vestigia. Metalla liquefacta fluidorum proprietates habent; hæc tamen non sunt corpora humida. Corpora liquida dicuntur fluida illa quæ ad libellum sese componunt; hæc autem proprietas singulis fluidis non convenit; ita flamma, fumus, aer, sunt corpora fluida; hæc autem dilatationem, minime vero libellam affectant. Itaque corpora omnia humi-

humida & liquida sunt etiam fluida, sed non viceversa.

II. Licet in humanæ societatis usu primarias fluidorum proprietates nosse satis sit, nec de fluiditatis causa, quæ quidem parum omnino juvaret, valde sit curandum, quid tamen hac de re probabilius sentiendum sit in sequenti conclusione exponam.

CONCLUSIO.

Ex sphærica particularum fluidarum figura illarumque minima vi attractiva satis probabiliter repetenda videtur fluiditatis causa.

Prob. Crassiorum fluidorum particulas exquisitis microscopiis sæpe contemplati sunt diligentissimi Physici. In mercurio, lacte, sanguine, sero, oleis figuram sphæricam constanter observarunt. Eandem figuram in fumo carbonis Muskembroekius, & in vaporibus Derhamus maxima experimentorum subtilitate deprehenderunt. Porro si fluida crassiora ex minimis constent globulis, eandem quoque figuram in subtilioribus fluidorum particulis probabiliter ostendit lex analogiæ.

Et re quidem ipsa, cum minimæ fluidorum particulæ vi cuicumque illatæ cedant & cedendo facile moveantur inter se, hæc primaria fluidorum proprietas ex sphærica particularum figura satis apte intelligitur. In memoriam revocanda sunt quæ de minimarum particularum vi attractiva demonstravimus in Physica generali. Illa attractionis species componitur ex minimarum particularum densitate & contactus magnitudine, ac proinde cum minima sit in globulis eximie levigatis con-

tactus magnitudo, minima omnino est attractio ideoque & cohæsio minima, atque hinc summa facilitas qua particulæ fluidæ vi cuicumque cedunt, & aliæ supra alias labuntur.

Ex his principiis non solum satis feliciter explicatur fluiditatis causa, sed diversi etiam intelliguntur fluiditatis gradus. Etenim cum superficies crescant vel descrescant ut quadrata diametrorum, soliditates autem ut earumdem diametrorum cubi, minores particulæ majorem habent superficiem ratione soliditatis, ac proinde validiorem contactum admittunt. Quare major erit fluiditas, si particulæ ad figuram sphæricam magis accedant; contra autem fluiditas minor, si minores fuerint globuli, & minus accurate rotundi; in hoc enim casu crescit contactus magnitudo, atque hinc oriuntur per gradus variæ fluiditatis conditiones. Cæterum hic probe meminisse oportet, quod in Physica generali sæpe monuimus, attractionis nomine a nobis intelligi effectum aliquem cujus causam, si quæ sit, sagacioribus Philosophis investigandam relinquimus. Cavendum enim maxime nobis est ne attractionis doctrina abutamur, & pertinaciores imitemur materiæ subtilis patronos, qui dum hujus materiæ usum maxime amplificant & in omnibus effectibus explicandis adhibent, eam omnino inutilem reddunt. Sed quidquid sit, jam concludere licet: probabiliter asseritur ea fluiditatis causa quam lex analogiæ ipsaque fluiditatis phœnomena postulare videntur, atqui &c. Ergo.

Objic. Ex intestino minimarum partium motu potissimum repetendam esse fluiditatis rationem demonstrant experimenta. Exemplo sit corporum solidorum in fluiditatis statum transmutatio, glaciei in aquam & vicissim.

Tota

Tota inter utrumque ſtatum differentia in eo maxime poſita videtur, quod in corpore duro partes minimæ fixæ conſiſtant ideoque tactus organo reſiſtant; contra autem minimæ fluidorum particulæ perpetuo motu agitentur, & ideo vi cuicumque facile cedant. Et quidem inteſtinum hunc motum oſtendunt corporum fluidorum effectus; fluidæ particulæ corporum poros penetrant, duriſſima corpora emolliunt & diſſolvunt. Tandem nullum corpus ſolidum ad fluiditatis ſtatum tranſire poteſt niſi interveniente corporis alicujus motu, ignis v. g. aeris, aquæ. His præmiſſis obſervationibus ita argumentari licet. Probabiliter aſſeritur illa fluiditatis ratio ex qua pendere videntur præcipua fluidorum phænomena; atqui &c. Ergo.

Reſp. N. Min. Singulas explicabimus objectionis partes. Quamvis inteſtinus partium motus primaria non ſit fluiditatis ratio, certum tamen eſt fluiditatem minimarum particularum motu maxime augeri, imo aliquando creari; ſed hæc eadem experimenta conjecturas noſtras maxime confirmant. Si glacies igni & calori ſubjiciatur, jam particulæ igneæ aliaque plurima diverſi generis corpuſcula glaciei poros pervadunt, & glaciei partes a mutuo contactu dimovent; hinc minor cohæſio ideoque & fluiditas. Ex iiſdem principiis pendet quoque corporum ſolidorum *fuſio*; & *calcinatio*. Etenim ſi metalla etiam duriſſima vehementiori igne fuerint vexata, igneæ particulæ duriſſimas quoque particulas frangunt, metallique maſſam in modum fluidi vel pulveris diſſolvunt. Et re quidem ipſa, ceſſante ignis actione, puriora metalla ad contactum redeunt rurſuſque in duram maſſam ſeſe compingunt. At ſi minus pura

fuerint metalla & diuturniori igne torqueantur, jam particulæ plurimæ vi ignis sublevantur, aliæ figuram mutant. Hinc particulæ, licet actioni ignis subtrahantur, ad eosdem non redeunt contactus, atque ita intelligitur qua de causa in pulvisculum calcemque redigantur metalla plurima. Talis autem corporum indoles qua fit ut in pulverem reduci possint, vocatur *friabilitas*. Itaque manifestum est corporum fluiditatem intestino partium motu aliquando promoveri; verum hic fluiditatem consideramus in ipso corpore fluido duntaxat & ab aliis abstrahimus quibuscumque corporibus, quæ fluiditatem augere possunt. Porro fluiditas hoc modo considerata satis feliciter intelligitur ex minimarum particularum figura illarumque debiliori vi attractiva. Probe autem notari debet quod modo dictum est, aliquando nempe fluiditatem, intestino partium motu augeri; & quidem id non semper accidere manifestum est, atque ut alia plurima omittam experimenta, satis erit referre quod a diligentissimo viro Fahrenheitio primum fuit observatum & deinde ab aliis Physicis eodem successu iteratum. Si aquæ fluidæ massa aeri frigidissimo & tranquillo exponatur, talem aliquando acquirit frigoris gradum qui frigus glacie productum longe superat; cujus quidem gradus fidem facit accuratissimum thermometrum; hæc tamen aqua, si tranquilla maneat, exquisitæ fluiditatis statum retinet. At si aqua in hoc statu vel minimam ab aere aut corpore circumstante agitationem experiatur, statim in durissimam glaciem concrescit & ad vulgarem congelationis gradum reducitur, aliquam amittens frigoris partem, quod quidem paradoxum omnino videbitur. Hæc autem pauca dicta sint fu-

fius

ſius explicanda ubi de glaciei formatione ſermo erit.

Quod ſpectat corporum fluidorum in alia corpora actionem, diximus jam corpora fluida in ſeipſis & ſeorſim ab aliis corporibus hic conſiderari. Re quidem vera fluidorum quorumdam particulæ corporum ſolidorum partes alte penetrant. Ita mercurius duriſſimorum quoque corporum ſubſtantiam pervadit, aqua corporibus plurimis ſeſe inſerit nonnullaque diſſolvit. Verum effectus illi inteſtinis partium motibus, ſaltem ex omni parte tribui non debent, ſed ſummæ particularum mobilitati, vi attractivæ, atque etiam aliis externis viribus. Ita aqua vi aeris comprimentis in balneorum uſu ad ſanguinem uſque introducitur, adjurantibus alternis contractionibus cordis, ſanguinis moleculas agitat, & circulationis facilitatem conciliat. Sed hæc omnia comparari debent cum iis quæ de minimarum particularum vi attractiva in Phyſica generali fuſe diſputavimus.

Inſt. I. Rotunda particularum figura in ſingulis fluidis conſtanter non obſervatur. Demonſtrant obſervationes microſcopicæ fluidorum multorum particulas implexas eſſe atque ramoſas. Ipſæ etiam ſanguinis particulæ varias atque irregulares oſtendunt figuras, ſi exquiſito miſcroſcopio ſubjiciantur. Et re quidem ipſa hanc particularum diverſitatem atque irregularitatem poſtulare videntur ipſa phænomena; Si fluidorum particulæ ita ſint diſpoſitæ ut ſeſe variis implexibus conjungere atque irretire poſſint, jam in maſſam ſolidam coaleſcere poterunt, ut accidit oleis; vel in glaciem indureſcere, ut contingit aquæ fluidiſque plurimis. At ſi tales ſint particulæ ut ſe invicem implicare atque impedire non

possint, nunquam in corpus durum reduci poterunt; tales sunt aeris mercuriique particulæ. Fluiditatis causa afferri non potest hæc figura quam in omnibus fluidis non observamus, quamque diversam omnino esse postulat diversa fluidorum natura; atqui &c. Ergo ....

Resp. Dist. Min. Hanc figuram in omnibus fluidis non observamus, ob nimiam particularum subtilitatem, & sensibus omnino imperviam. C. Min. Secus N. Min. Quare N. Cons. Quamvis minimæ omnino sint fluidorum particulæ quæ exquisito microscopio patent, non tamen pro fluidorum elementis haberi debent. Etenim tanta est primigeniarum particularum subtilitas ut imaginandi vi non possit comprehendi, & quo usque perveniat, ignotum omnino sit. Itaque dum microscopicis observationibus utuntur Physici ad demonstrandam particularum fluidarum rotunditatem, id faciunt ex lege analogiæ dumtaxat. Ita ostendunt microscopia animalium terrestrium sanguinem compositum esse ex globulis rubris fluido aqueo vel seroso pellucido innatantibus. Quilibet globulus constat ex aliis sex minoribus globulis magisque pellucidis, quorum unusquisque rursus continet sex alios minores globulos, ita ut singuli globuli saltem ex triginta sex minoribus globulis componantur. Hinc per legem analogiæ ratiocinantur Physici globulos illos ex aliis minoribus fortasse compositos esse ad prima usque fluidi elementa. Cæterum minime repugnat globulos illos ita inter se disponi ut exquisito etiam microscopio varias figuras demonstrent; illi etenim crassiores globuli & oculis conspicui flecti possunt atque comprimi, vario ordine inter se collocari & in quamlibet figuram componi. Præterea sanguinem maxime hete-

heterogoneum esse demonstrat analysis chemica; mirum ergo non est quod pro diverso sanguinis statu, diversaque secretione varias oculis ostendat figuras, quamvis figuram sphæricam habeant minima sanguinis fluidi elementa. Præclarissima atque utilissima de sanguinearum particularum mutatione experimenta sumpsit solertissimus naturæ indagator Leevvenhoekius, unum referre satis erit; observavit levissima etiam venenati animalis morsiuncula totam sanguinis massam ita corrumpi ut uno quasi oculi ictu colorem, motum, figuram mutent globuli.

Hinc etiam patet responsio ad alteram objectionis partem. Quod fluida quædam in glaciem facilius concrescant, quædam difficilius, alia vero nunquam, id repetendum videtur ex maxima particularum fluiditate & mobilitate ac proinde & ex ipsa figura. Itaque in hac quæstione diligenter distingui debet *mobilitas* a motu *actuali*; fluiditas esse non potest sine maxima motus facilitate, quæ quidem summa mobilitas ex ipsa particularum figura probabilissime repetenda videtur; at fluiditas non semper conjuncta est cum motu actuali; & certe si minima quæque corpuscula in aqua suspendantur, immota omnino consistunt; quæ quidem perfecta quies cum intestino partium motu conciliari non posse videtur. Tandem apud omnes Physicos certissimum est, idque in sequenti articulo demonstrabimus, æqualem esse fluidorum ex omni parte pressionem. Illa autem pressionis æqualitas cum perpetuo particularum motu componi omnino non potest.

Inst. 2. Si corporum fluiditas ex sphærica particularum figura minimaque vi attractiva repeti possit, jam contraria ratione corporum

durities ex contactus magnitudine majorique vi attractiva pendere dicenda est; hæc autem hypothesis est omnino absurda. Et quidem cum durissimæ sint minimæ fluidorum particulæ, ponamus durissimum aquæ globulum cujus attractio ad lineæ unius distantiam vigeat. Deinde circa hanc particulam descriptus intelligatur circulus, cujus semidiameter sit lineæ unius, particula aquæ ab iis tantum attrahetur globulis qui intra circuli peripheriam continentur. Quia vero particulæ illæ in partes contrarias agunt, sese mutuo elident attractiones oppositæ ac proinde attractionis effectus erit nullus; quare explicari nequaquam poterit minimarum particularum durities. Evidens autem est hanc eandem ratiocinationem in majoribus quoque corporibus valere; etenim interiores corporis cujuslibet particulæ, eæ saltem quæ non sunt superficiei valde proximæ, ab omni parte attrahuntur æqualiter, ac proinde manent in quiete relativa. Ergo nec corporum durities nec fluiditas per prædictam hypothesim explicari possunt... Resp. N. Min. Hæc objectio cujus vim maximam non diffitemur, conjuncta est cum implicatissima quæstione de primigeniarum particularum natura quam quidem nobis ignotam esse in Physica generali, atque hic iterum profitemur. Quod spectat primigeniarum particularum duritiem, probabilius videtur eam esse *primitivam* a Deo primis corporum elementis inditam. Hæc autem durities sine vi ulla attrahente intelligi poterit, si dicamus prima corporum elementa a Deo creata fuisse omnino solida ita ut nullas habeant partes, quæ sint poris intervallisque distinctæ. Durissimas esse minimas aquæ particulas merito concludere videtur Muskembroekius ex doloris

ris sensu quem aliquis experitur, si aquæ superficiem manu verberet, atque etiam ex ipsa figuræ mutatione quæ in globis plumbeis observatur, si e sclopeto in aquam explodantur. Cæterum in præsenti quæstione non agimus de primigeniarum particularum duritie, sed tantum de magnorum corporum fluiditate ac proinde etiam, ob contrariam rationem, de duritie; validissima quidem foret in magnis etiam corporibus proposita objectio, si homogeneas fingamus primigenias omnes materiæ particulas; at si particularum immensam ponamus varietatem, quod non sine maxima probabilitate affirmant plurimi Physici, jam æquales esse non possunt attractiones oppositæ, ac proinde particulæ cohærere poterunt & inde conflata corpora diversos fluiditatis & duritiei gradus acquirere.

Inst. 3. Fluiditatis & duritiei causa multo probabilius referenda videtur in fluidum quoddam subtilissimum rarissimumque ab aere prorsus distinctum, quod *ætheris* nomine appellari solet. Motu intestino confuse & perturbate cientur ætheris particulæ; Illud fluidum est eximie elasticum, & minimæ illius moleculæ compressæ moleculas alias propiores comprimunt, hæ rursus alias. Fingamus tantam esse ætheris elasticitatem, ut vim aeris elasticam fere in immensum superet, jam partes materiæ a se invicem distrahi non poterunt, nisi superetur vis ætheris quæ contactum tuetur, & quæ major est pro majori contactus amplitudine. Ergo in hac hypothesi fluiditatis & duritiei redditur ratio sine ulla vi attrahente.... Resp. N. Ant. & Cons. Hanc materiæ æthereæ hypothesim jam explicavimus in Physica generali. Negari quidem non potest existere materiam quandam aere nostro

crassiori longe subtiliorem, sive materia illa sola majori subtilitate ab aere differat, sive sit naturæ longe diversissimæ. Quidquid sit, hæc hypothesis non valde repugnat nostræ conclusioni in qua vis attractivæ causam nulla ratione definimus. Affirmare tamen audemus precarias omnino huic materiæ proprietates tribui, nullo argumento, nulla ratiocinatione confirmatas. Præterea cum materia illa sit eximie elastica, seu quod idem est, polleat vi maxima repulsiva, explicanda superest vis illa quam quidem si materiæ æthereæ inditam affirment hujus hypotheseos patroni, non video cur minimis materiæ particulis vim attractivam tribui tam ægre ferant. Tandem qua ratione, qua alia causa explicabunt perturbatum atque celerrimum hujus materiæ motum? novis certe sese implicant aliarum causarum ambagibus. Ex hujus quæstionis obscuritate patet, quod jam sæpe observavimus, difficillimam & fere desperatam esse primam effectuum naturalium mechanicam causam. Et re quidem ipsa præsentem controversiam aliasque id genus facile omitterem, nisi rerum obscuritas involveret experimenta plurima scitu dignissima, quæ, data occasione, prætermittere nolumus.

ARTICULUS II.

De fluidorum æquilibrio.

I. FLuidorum omnium qualis est aqua, hæc est lex primaria, quod nempe partes superiores graves sint in inferiores seu in eas pressionem exerceant. Apud veteres scholasticos error invaluerat: fluida *in propriis elementis*, ut ajebant, *non gravitare*. Sed pres-

sio-

sionem hanc & scholasticorum errorem demonstrant experimenta plurima quorum unum referre satis erit. Ampulla vacua & accurate clausa aquæ immergatur staterae brachio suspensa; alteri stateræ brachio appendatur pondus donec habeatur æquilibrium; si deinde reserata ampulla aquæ impleatur, hæc in partem contrariam inclinabit.

Ex hac proprietate colligitur fluidorum quiescentium superficiem in sphæræ segmenta telluri concentrica disponi. Etenim cum fluidorum particulæ vi cuicumque cedant, vi gravitatis moveri debent donec descendere amplius non possint & singulæ maneant in æquilibrio. Illud autem æquilibrium obtineri non potest, nisi singula superficiei fluidæ puncta in segmentum sphæræ telluri concentricum fuerint disposita. Et quidem in hac particularum dispositione, quælibet particula premitur perpendiculariter ad telluris superficiem, ac proinde cum non magis tendat ad unam partem quam ad aliam, totam fluidi massam quiescere necessum est. Cæterum hic ponimus tellurem sphæricam, & gravitatem ad centrum tendere. Porro cum exigua ingentis superficiei sphæricæ portio tanquam superficies plana considerari possit, si magni non fuerint fluidorum quiescentium tractus, illorum superficies tanquam plana haberi poterit; atque hinc pendet tota ars *libellandi*.

II. Si fluidum homogeneum infundatur tubo ex duobus cruribus cylindricis æqualibus & verticalibus composito, cujus crura duo communi tubo horizontali inter se jungantur; fluidum illud ad quietem pervenire non observatur, nisi eandem in utroque crure obtineat altitudinem. Hinc evidens est fluidum in tubo horizontali contentum a columnis flui-

di

di verticalibus in partes contrarias premi. Si crus unum verticale atque etiam tubi horizontalis pars aliqua resecentur, demonstrat experientia ad sustinendum fluidum eandem omnino vim requiri quæ necessaria foret ad sustinendum tubum cylindricum alteri cruri verticali æqualem & ad eandem altitudinem aquæ repletum. Generatim succedit experimentum, quæcumque sit tubi crura duo jungentis inclinatio; atque hinc facile colligitur æqualem esse fluidorum undequaque pressionem. Hæc autem proprietas cui innititur tota fluidorum doctrina, rursus confirmatur, eamque obtinere ostenditur non solum in fluidis quorum partes vi constante & secundum directionem datam sollicitentur, sed etiamsi viribus quibuscumque urgeantur. Etenim fluidum includatur in vase cujuscumque figuræ & embolo aliquo prematur; si vas illud in qualibet parte fuerit foramine pertusum, ad impediendum fluidi effluxum foramini adhibenda est pressio vi prementi omnino æqualis. Ex hoc experimento manifestum est fluidorum particulas suam pressionem quaquaversum exercere, tum sursum deorsum, tum deorsum sursum atque etiam ad latera secundum quamlibet directionem, & quæcumque sit vis fluidi particulas sollicitans. Et re quidem ipsa, hæc pressionis æqualitas ex ipsa etiam fluidorum definitione statim derivatur. Ponamus fluidum aliquod in vase quiescere, & particulam aliquam ex una parte magis premi, ex altera autem minus, jam quia fluidorum partes vi cuicumque illatæ cedunt, fluidi particulæ moverentur secundum directionem vis majoris impressæ, quod est contra hypothesim: æqualis ergo est in hanc particulam pressio undequaque.

III.

III. Si corpus fluido totum immergatur, vel aliqua tantum ex parte, superficies illius inferior fluidi inferioris actione deorsum sursum premitur, superficies autem superior fluidi superioris actione urgetur, atque hinc varia intelliguntur præclarissima atque utilissima experimenta. Corpus in hoc casu duplicis columnæ fluidæ viribus urgeri ex dictis evidens est; etenim columna superior agit in superiorem corporis immersi partem, columna autem inferior in partem corporis inferiorem. Variæ autem esse possunt corporis immersi conditiones: etenim vel minorem habet gravitatem specificam, vel majorem, vel æqualem, singulas partes explicabimus. Et I. Si corpus sit fluido specifice levius, ad fluidi superficiem enatabit. Etenim columnarum fluidarum longitudo ab ipsa superiori fluidi parte computari debet, ac proinde longitudinum differentia æqualis est ipsi corporis crassitiei, columna nempe inferior superiorem hac differentia superat. Quare corpus sursum urgeri necessum est vi columnæ fluidæ cujus pondus æquale est ponderi portionis fluidæ ejusdem cum corpore immerso voluminis; ac proinde corpus ascendet, non tamen ascendet totum; cum enim sit pondus fluido additum, jam vis minor foret in æquilibrio cum vi majori, quod est absurdum. Igitur tandiu corpus debet ascendere, donec pars intra fluidum demersa eam expellat fluidi quantitatem, quæ sit ejusdem ponderis cum toto corpore; evidens enim est in hoc casu æqualem esse columnarum fluidarum pressionem. II. Si corpus immersum fluido specifice gravius fuerit, rursus hic attendi debet columnarum fluidarum differentia; evidens est corpus sursum urgeri vi columnæ fluidæ, prorsus

ſus ut in primo caſu, ac proinde corpus eam amittit ponderis ſui partem, quæ æqualis eſt ponderi fluidi ejuſdem cum corpore immerſo voluminis. At quia corpus immerſum majorem habet gravitatem ſpecificam, vi reliqua ſeu virium differentia corpus præcipitari neceſſum eſt. Contingit tamen aliquando corpuſcula leviora atque etiam graviora per ſatis longum tempus in eodem fluidi loco manere. Verum id facile intelligitur ex minima columnarum fluidarum differentia, quæ tantilla eſt ut reſiſtentiam fluidi ex partium tenacitate oriundam ſuperare non poſſit. III. Si corpus immerſum ipſumque fluidum eandem habeant gravitatem ſpecificam, corpus totum demergitur, ſed in eo ſubſiſtit fluidi loco in quo conſtituitur. Et quidem in hoc caſu corpus fluido impoſitum eſt pondus columnæ fluidæ additum; rurſus ergo columnæ duæ hic fingi poſſunt diverſæ quidem altitudinis, ſed tamen homogeneæ; cum enim corpus ſolidum eandem habeat cum fluido gravitatem ſpecificam, corpus illud conſiderari poterit tanquam æquale pondus fluidi, & ejuſdem voluminis. Igitur columnæ omnes ad eandem altitudinem reduci neceſſum eſt; quod fieri nequit, niſi corpus totum demergatur. Illud vero ſuſtineri a fluido evidens eſt, cum amittat ponderis ſui partem æqualem ponderi fluidi ejuſdem cum corpore immerſo voluminis; amittit ergo totum pondus, ac proinde intra fluidum in quocumque loco quieſcit.

IV. Ex hactenus demonſtratis intelligitur duplicem eſſe corporum intra fluida gravitatem, *abſolutam* ſcilicet & *relativam*. Gravitas abſoluta eſt vis tota qua corpus deorſum tendit; gravitas relativa eſt qua corpus ma-

gis

gis tendit deorſum quam fluidum ambiens; apud vulgus pondera corporum nihil aliud ſunt, quam veri ponderis exceſſus ſupra pondus aeris; at pondera illa accurate diſtinguunt Phyſici.

Ex his principiis originem habuit vulgatiſſima apud Phyſicos ſtatera, quæ *hydroſtatica* appellatur. Corporis pondus ad accuratam libram in aere expendatur, iterumque in fluido aliquo ad ſtateram revocetur, differentia ponderum erit ipſum fluidi pondus ejuſdem cum corpore immerſo voluminis; ſunt autem gravitates ſpecificæ ut pondera ſub eodem volumine; quare fluidorum & ſolidorum gravitates ſpecificæ comparari inter ſe poterunt. Ejuſdem ſtateræ beneficio conferre etiam licebit diverſas fluidorum gravitates ſpecificas; ſi enim idem corpus diverſis fluidis immerſum ad examen revocetur, erunt pondera in diverſis fluidis amiſſa ut eorumdem fluidorum gravitates ſpecificæ *reſpective*. Alia eſt facilior machina ad explorandas fluidorum gravitates ſpecificas. Conſtat globulo vitreo cujus extremitas inferior in ſacculum deſinit, extremitas autem ſuperior in collum longius & cavum terminatur. Sacculo infundi ſolet pauxillum mercurii ut machinula in ſitu recto fluido innatet. Notetur primum totius machinulæ, ſimul cum addito mercurio pondus quod dicatur, P, *graniſque* expreſſum ponatur. Deinde machinula liquori immergitur ad datam aliquam altitudinem & in ea notatur prima diviſio; adjunguntur poſtea machinulæ ponderi grana alia per vices, & pro granis ſingulis iterum notatur altitudo ad quam machinula in liquore deſcendit. Machina ita comparata liquorum omnium gravitati inveſtigandæ aptiſ-

ſima

ſima eſt. Nam remotis omnibus granis ita ut machinula ſolum mercurium contineat, ipſa deinde immergatur alicui liquori & perveniat v. gr. ad quartam uſque diviſionem, in alio autem liquore ad ſextam uſque diviſionem demergatur, erit gravitas ſpecifica primi liquoris ad gravitatem ſpecificam liquoris alterius ut numerus granorum ſextæ diviſioni conveniens ad numerum granorum quartæ diviſioni reſpondentem, ut patet. Nam machinula intra liquorem demergitur, donec portio fluidi ejuſdem cum machinula immerſa voluminis idem habeat pondus cum tota machinula. Quare cum gravitates ſpecificæ, eodem manente pondere, ſint ut volumina inverſe (ex dem. in Phyſ. gener.) erunt gravitates ſpecificæ ut partium immerſarum volumina inverſe, hoc eſt, ut immerſionis altitudines inverſe; ſed altitudines demerſionis ſunt ut granorum numeri additi; ergo gravitates ſpecificæ ſunt ut iidem numeri reciproce. Quare ſi numeri illi in ipſo inſtrumenti collo fuerint deſcripti, ſtatim exhibebuntur diverſæ gravitates ſpecificæ.

Hic data occaſione non abs re erit explicare celebratiſſimum problema de corona Hieronis Syracuſarum Regis. Coronam aurificis fraude argento mixtam Rex ſuſpicatus, Archimedi inveniendam propoſuit latentis argenti cum auro ſubdole mixti portionem. Res huic ratiocinationi tota innititur. Si nihil argenti in corona Regis lateat, ſumatur puriſſimi auri maſſa ipſi coronæ pondere æqualis ac proinde etiam ejuſdem voluminis. Duæ illa maſſæ fluido immerſæ eandem amittent ponderis ſui partem; verum ſi aliquid argenti miſceatur, jam maſſa auri puri & pondere æqualis minus continebit volumen; cum aurum ſit corpus quod ſub

ſub eodem volumine majorem habeat materiæ quantitatem; quare maſſa auri minorem amittet ponderis ſui partem, corona vero majorem. Ponatur coronam eſſe argento permixtam, ſumaturque maſſa argenti puri cujus pondus ſit coronæ ponderi æquale, hæc maiorem quam corona ipſa ponderis ſui partem in fluido amittet. His præmiſſis ita ſolvitur problema. Sit P, pondus coronæ, x pondus auri in corona contenti, y pondus argenti, p ponderis pars quam maſſa auri in aqua amittit, q ponderis pars quam amittit argentum; r pondus quam corona amittit, erit $\frac{px}{P}$ ponderis pars quam maſſa auri x, in qua amitteret, & $\frac{qy}{P}$ erit pars ponderis, quam amitteret maſſa argenti, y, ut patet ex demonſtratis; ſunt enim ponderum partes amiſſæ, ut volumina, ſive in hoc caſu, ob eandem gravitatem ſpecificam, ut pondera; ſed in præſenti problemate ponderum jacturæ ſimul æquantur ponderi, r, quod corona amittit, ergo $\frac{px}{P} + \frac{qy}{P} = r$. Præterea $x + y = P$. Quare ex datis duabus æquationibus innoteſcunt quantitates incognitæ x, y. Cæterum in hoc problemate ſolvendo duæ requiruntur conditiones. I. ut mixtura ex unica tantum materia fiat; ſi enim duæ laterent diverſorum metallorum portiones, tres forent incognitæ, & duæ tantum æquationes; quare problema foret *indeterminatum*. II. Notam eſſe oportet metalli ſpeciem. Paucis indicaſſe ſatis ſit notiſſimum problema, quo invento prope amens gaudio e balneo exiluit Archimedes clamans *reperi*, *reperi*. Tanta eſt doctrinæ vis ac

ſua-

ſuavitas aliis omnibus humanæ vitæ deliciis longe anteponenda.

V. Ad fluidorum æquilibrium pertinet quoque illorum preſſio. Hic autem demonſtranda eſt fluidorum comprimentium lex primaria; preſſio ſcilicet quam fluida in vaſorum baſes exercent, quæcumque ſit illorum figura, ſemper æqualis eſt ponderi columnæ fluidæ cujus baſis eſt ipſe vaſis fundus, altitudo autem eſt diſtantia perpendicularis ſupremæ ſuperficiei a fundo vaſis. Si vas ſit perpendiculare & ejuſdem ubique diametri, res eſt evidens; baſis enim toto fluidi pondere premitur, pondus autem eſt ut maſſa, hoc eſt, in præſenti caſu ut productum ex baſi in altitudinem. At ſi vas ſit utcumque inclinatum & figuræ etiam cujuſcumque, ita ut latera vel convergant vel divergant, demonſtratio paulo difficilior eſt. Diviſum intelligatur fluidum in ſtrata fluida innumera & infinite parva ejuſdem craſſitiei. Jam concipiatur vim gravitatis agere ſolummodo in ſtrati ſuperioris particulas, eadem vi premetur quoque ſtratum proxime inferius, & ſingulæ hujus ſecundi ſtrati non ſecus ac primi particulæ prementur æqualiter, ob æqualem fluidorum undequaque preſſionem. Jam ſecundi ſtrati particula quælibet urgeatur vi propria gravitatis, ſingularum particularum preſſio duplo major fiet. Hæc preſſio duplo major urgebit quoque æqualiter ſingulas tertii ſtrati particulas, & particula quælibet urgetur etiam vi propria gravitatis ac proinde tripla fit preſſio. Similiter preſſione quadrupla urgentur quarti ſtrati particulæ & ita deinceps. Igitur preſſio qua particula quælibet urgetur eſt ut ſtratorum fluidorum numerus, ac proinde preſſio tota in fundum vaſis eſt ut numerus particularum fundo incumbentium & numerus

merus ſtratorum *conjunctim*, hoc eſt, ut baſis ducta in vaſis altitudinem. Hinc patet fundum vaſis non urgeri toto fluidi incumbentis pondere, ſed aliqua ſolummodo ponderis parte, pondere reliquo a fluidi figura ſuſtentato. Hæc eſt notiſſima atque utiliſſima fluidorum proprietas quam *paradoxum hydroſtaticum* vocant; cum parva liquoris copia tantam in ſubjectum planum preſſionem exerceat, quantam exerceret ejuſdem liquoris maſſa centies imo millies major in eadem altitudine.

VI. Ex his principiis pendet univerſa tuborum *communicantium* doctrina. Si tubi duo communi baſi jungantur, fluidum homogeneum ad eandem altitudinem in utroque tubo ſubſiſtit. Etenim cum preſſiones ſint in ratione compoſita baſium & altitudinum, habebitur æquilibrium ſi producta illa ſint æqualia, hoc eſt, ſi altitudines fuerint æquales, ob communem baſim. Verum ſi tubi contineant fluida diverſæ denſitatis, quo major erit fluidi denſitas eo major erit, cæteris paribus, particularum prementium numerus, ac proinde preſſio in baſim exercita erit in ratione compoſita baſis, altitudinis & denſitatis, ideoque obtinebitur æquilibrium ſi producta ex denſitate in altitudinem fuerint reſpective æqualia, hoc eſt, ſi altitudines ſint in ratione reciproca denſitatum. Itaque hac methodo comparari poterunt inter ſe gravitates ſpecificæ fluidorum quæ ſunt ut denſitates; datis enim fluidorum altitudinibus, nota etiam erit gravitatum ſpecificarum ratio.

Demonſtratis hactenus fluidorum legibus contraria ſunt *tuborum capillarium* phœnomena; tubi capillares appellantur minimi canaliculi qui capillorum tenuitatem fere imitantur. In his tubis illud eſt omnino ſingulare;

ſi

ſi nempe tubi capillaris utrinque aperti extremitas una aquæ immergatur, ad altitudinem ſatis magnam aqua aſcendet, ibique manebit ſuſpenſa. Si autem plures tubi capillares eidem fluido immittantur, ad diverſas altitudines aſcendet fluidum, eritque altitudo in ratione reciproca diametri. Experimentum illud quod præcipuum eſt, referre nunc ſatis ſit, cætera vero tuborum capillarium phœnomena in ſequenti concluſione deſcribemus atque explicabibus.

CONCLUSIO.

EX MUTUA AQUÆ ET VITRI ATTRACTIONE REPETENDA VIDENTUR TUBORUM CAPILLARIUM PHÆNOMENA.

Prob. Aquam a vitro ſuſpendi & retineri quotidianis experimentis patet. *Si* tubo vitreo ad horizontem inclinato gutta aquea adhæreſcat, hæc deinde, aucto pondere, non ſecundum directionem perpendicularem decidit, ſed juxta latus tubi ad oram infimam devolvitur. Vitrum quoque ab aqua retineri & ſuſpendi certiſſimum eſt; ſi enim lamellæ vitreæ aqua perfuſæ imponatur horizontaliter tubus vitreus, hic ab aqua ægre ſurſum diſtrahitur; imo tubus ille non decidit etiamſi deorſum ſpectet, lamina ſcilicet inverſa. De hac mutua attractione jam multa explicavimus in Phyſica generali. Verum hæc attractio ſatis non eſt ut ſtatim concludamus huic mutuæ attractioni referendum eſſe aſcenſum aquæ per tubos capillares; oſtendi enim debet quomodo & quare aqua ad hanc vel illam altitudinem in datis quibuſdam circumſtantiis aſcendat. Ut autem ex legibus attractionis di-

distincte explicentur tuborum capillarium phænomena, mutua quoque particularum aquearum attractio illarumque pondus considerari debent. Itaque ex trium virium compositione tota quæstio pendere videtur, nempe ex mutua vitri & aquæ attractione, ex particularum aquearum attractione inter se, & tandem ex ipsa particularum aquearum gravitate.

Moleculas aqueas se invicem attrahere jam demonstravimus in Physica generali, neque necesse est ut demonstremus eas graves esse. Jam vero attractioni resistit molecularum aquearum gravitas, quod quidem evidens est. Quare si pondus guttæ majus evadat quam attractio sustinere possit, jam guttam relabi necessum est; atque hinc fit ut vapores aquei, si in guttam satis magnam coalescant, quod in fenestris observari solet, tandem defluant. Aquam ad vitrum fortius attrahi quad ad aquam ostendunt experimenta. Si tubo vitreo ad angulos rectos jungatur crus capillare, tuboque immittatur aqua, donec guttula ex cruris capillaris orificio defluat, hæc non statim decidit, sed pro majore vel minore cruris capillaris ad horizontem inclinatione vel elevatione, motu retrogrado infra tubum capillarem hærebit & guttulam ovalem formabit. Aucto pondere per novæ aquæ affluxum, guttula turgidior magisque protracta evadet; crescente pondere gutta separari incipit lapsumque minitari. Observandum autem est separationem non fieri in ipsa vitri superficie, sed in notabili distantia incipit aqua in duas partes dividi quarum superior vitro adhæret, altera autem, rupto tandem tollo intermedio, decidit. Porro si mutua aquæ cohæsio vel attractio validior foret vi attractiva vitri, omnis aqua a vitro avelli deberet. Hinc fit ut vitrum aquam om-

omnem quam attraxit nunquam dimittat, ſed partem aliquam retineat, quantum poteſt. Eadem de cauſa gutta aquea in feneſtrarum vitris pondere ſuo delapſa, ſemitam madidam relinquit, & ampullæ omnes aqua imbutæ, effuſa etiam aqua, aliquantulum madidæ remanent. Contrarium in mercurio obſervatur; Si enim mercurii globulus minimus vitro adhærens augeatur ut pondus vim attractivam vitri ſuperet; tum tota quanta eſt mercurii maſſa in unum globum coaleſcens decidit, nec quicquam, dummodo mercurius purus fuerit, vitro adhæreſcit ita ut nullum mercurii maneat veſtigium. Ex his omnibus patet in explicando aſcenſu aquæ per tubos capillares ſedulo diſtinguendum eſſe inter effectus qui a mutua actione vitri & aquæ oriuntur & inter eos qui mutua particularum aquearum attractione illarumque gravitate producuntur.

His jam obſervatis, ita explicari poſſe videtur aquæ per tubos capillares aſcenſus. Dum tubus capillaris ſuperficiei aquæ admovetur, particula fluida in ipſo contactu tribus diverſis viribus ſollicitatur. Primo enim verſus annulum infimum ſuperficiei internæ vitri impellitur vi mutuæ attractionis inter vitrum & aquam. Deinde huic aſcenſui reſiſtit exigua fluidi attollendi maſſa pondere ſuo. Denique attractio quæ inter particulas aqueas in vaſe contentas, intercedit, ipſam ſeparationem impedit atque hinc cylindrulus aqueus producitur. Eſt autem vis attractiva fortior inter aquam & vitrum quam inter ipſas aquæ particulas; aqua igitur tubi capillaris cavitatem tantillum ſubire debet. Eadem valet ratiocinatio, ubi jam aliqua portio aquæ tubulum ingreſſa in cylindrulum aqueum ſurrexit; id nempe tamdiu valere debet quamdiu vis attra-

tra-

tractiva vitri oppositas vires superat. Itaque tota interna tubi capillaris superficies aquam attrahit, non quidem simul & eodem tempore, sed per gradus diversisque tempusculis. Hanc vero attractionem exercet tantum annulus ille vitreus qui singulis tempusculis superficiei aquæ contiguus est, ut patet. Neque enim pars superior tubi, cum levissima sit attractionis sphæra, quidquam agere potest. Neque etiam superficiei vitreæ pars illa cui aqua jam attracta accumbit. Superest ergo ut ascensus tribuatur annulo vitreo proxime superiori.

Ut autem singula tuborum capillarium phænomena intelligantur, probe notandum est cylindrum aqueum qui intra tubum capillarem ascendit, gravem esse, & sua gravitate ascensui resistere. Verum in cylindro aqueo duo accurate distingui debent. Cum attractio aquæ in vitrum ad minimam tantum distantiam vigeat, totus cylindrus a vitri parietibus non attrahitur, sed ea pars duntaxat quæ in ipsa attractionis sphæra continetur. Quare si annihilari fingamus totam illam aquæ partem quæ extra attractionis limites posita est, jam in tubo capillari suspensus maneret canaliculus aqueus cavus in minima & ubique æquali a vitro distantia. Itaque reliquus cylindrus in hoc canaliculo cavo contentus non retinetur vi attractiva vitri, sed mutua particularum aquearum cohæsione. Hujus autem cylindri massa ipsam canaliculi massam longe superat & vi ponderis sui cohæsioni resistit. At canaliculus vi attractiva vitri cohibetur omnino & firmiter agglutinatur ita ut pondere proprio divelli & descendere nequeat; est enim canaliculi hujus crassities minima ejusque pondusculum respectu vis attractricis minimum, ita ut iste canaliculus quasi pondere omni destitutus fingi possit.

Ex dictis autem colligi potest cylindrulum aqueum in tubo capillari suspensum solo supremo canaliculi annulo sustineri; vitrum enim solum canaliculum suæ attractioni convenientem sustentat, ac proinde cylindrulus a vitro immediate non suspenditur. Inter canaliculi & cylindruli superficies sibi mutuo contiguas intercedit quidem attractio; sed hæc ad suspensionem cylindruli nihil confert. Etenim si divisus intelligatur totus canaliculus in annulos innumeros altitudinis infinite parvæ, dividaturque totus cylindrulus in totidem sectiones sive lamellas; quantum lamella una sursum vel deorsum trahitur, tantum per lamellas utrinque proximas itemque per annulos utrinque proximos impeditur; actio enim utrinque æqualis est & contraria; quare cohæsiones quæ inter singulos annulos lamellasque respondentes intercedunt, sese mutuo destruunt. Itaque solus nexus lamellæ superioris destrui non potest per aliam incumbentem in quam annuli supremi attractio agere possit. Sola igitur cohæsio inter annulum supremum & lamellam supremam efficax permanet atque vi mutuæ attractionis particularum aquearum ab ea pendent reliquæ omnes subsequentes lamellæ; ideoque totus cylindrulus ope lamellæ suæ supremæ a solo supremo canaliculi annulo suspenditur. Jam vero quia vis sustinens semper est eadem, nempe vis attractiva quæ inter particulas aqueas supremi annuli & supremæ lamellæ intercedit, pondus autem sublevandum continuo crescit, hinc sequitur suspensionem nonnisi ad determinatam aliquam altitudinem locum habere, quam ubi aqua ascendens attigit jam æquilibrium fieri necessum est; quiescit igitur aqua & ascensus cessat.

Ex dictis autem facile determinari posset altitudo ad quam fluidum ascendit, si nota es-

ſet attractionum lex; vis qua fluidi particulæ ſeſe mutuo attrahunt dicatur q, diameter tubi ſit, d, & altitudo c. Jam quia fluidum per vices attollitur vi annulorum trahentium qui ſunt ut columnarum fluidarum peripheriæ ſive ut diametri, erit vis qua fluidum ſurſum trahitur ut diameter annuli & attractionum fluidi ad vitrum atque fluidarum particularum inter ſe differentia conjunctim; illa enim mutua particularum fluidarum attractio contraria eſt attractioni fluidi ad vitrum; erit ergo vis tota ut d (p — q), cui, facto æquilibrio, æquale eſſe debet pondus columnæ fluidæ cd².

$$\text{Quare } cd^2 = d\,(p - q) \text{ \& } c = \frac{p - q}{d}.$$

Quia vero differentia virium p — q, conſtans eſt, eodem manente fluido, patet altitudines eſſe in ratione reciproca diametrorum, ut demonſtrant experimenta. Probe autem notandum eſt cylindruli fluidi diametrum pro ipſa tubi diametro a nobis uſurpari; quod facere licet, ob exiguam & fere infiniteſimam attractionis ſphæram. Plurima alia tuborum capillarium phœnomena in hujus concluſionis progreſſu explicabimus atque explicationis veritatem magis ac magis confirmabimus. Interim concludere licet: Non plures admittendæ ſunt cauſæ quam quæ & veræ ſunt & phœnomenis explicandis ſufficiunt; atqui in præſenti explicatione res ita ſe habet; vim attractivam vitri & aquæ, mutuam particularum aquearum attractionem experimenta demonſtrant; has autem vires explicandis tuborum capillarium phœnomenis ſufficere demonſtravimus, atque in objectionibus refellendis confirmabimus. Ergo &c.

Objic. Quamvis ſeſe mutuo attrahant flui-

Ex dictis autem colligi potest cylindrulum aqueum in tubo capillari suspensum solo supremo canaliculi annulo sustineri; vitrum enim solum canaliculum suæ attractioni convenientem sustentat, ac proinde cylindrulus a vitro immediate non suspenditur. Inter canaliculi & cylindruli superficies sibi mutuo contiguas intercedit quidem attractio; sed hæc ad suspensionem cylindruli nihil confert. Etenim si divisus intelligatur totus canaliculus in annulos innumeros altitudinis infinite parvæ, dividaturque totus cylindrulus in totidem sectiones sive lamellas; quantum lamella una sursum vel deorsum trahitur, tantum per lamellas utrinque proximas itemque per annulos utrinque proximos impeditur; actio enim utrinque æqualis est & contraria; quare cohæsiones quæ inter singulos annulos lamellasque respondentes intercedunt, sese mutuo destruunt. Itaque solus nexus lamellæ superioris destrui non potest per aliam incumbentem in quam annuli supremi attractio agere possit. Sola igitur cohæsio inter annulum supremum & lamellam supremam efficax permanet atque vi mutuæ attractionis particularum aquearum ab ea pendent reliquæ omnes subsequentes lamellæ; ideoque totus cylindrulus ope lamellæ suæ supremæ a solo supremo canaliculi annulo suspenditur. Jam vero quia vis sustinens semper est eadem, nempe vis attractiva quæ inter particulas aqueas supremi annuli & supremæ lamellæ intercedit, pondus autem sublevandum continuo crescit, hinc sequitur suspensionem nonnisi ad determinatam aliquam altitudinem locum habere, quam ubi aqua ascendens attigit jam æquilibrium fieri necessum est; quiescit igitur aqua & ascensus cessat.

Ex dictis autem facile determinari posset altitudo ad quam fluidum ascendit, si nota esset

set attractionum lex; vis qua fluidi particulæ sese mutuo attrahunt dicatur q, diameter tubi sit, d, & altitudo c. Jam quia fluidum per vices attollitur vi annulorum trahentium qui sunt ut columnarum fluidarum peripheriæ sive ut diametri, erit vis qua fluidum sursum trahitur ut diameter annuli & attractionum fluidi ad vitrum atque fluidarum particularum inter se differentia conjunctim; illa enim mutua particularum fluidarum attractio contraria est attractioni fluidi ad vitrum; erit ergo vis tota ut d (p — q), cui, facto æquilibrio, æquale esse debet pondus columnæ fluidæ cd².

Quare $cd^2 = d (p - q)$ & $c = \frac{p - q.}{d}$

Quia vero differentia virium p — q, constans est, eodem manente fluido, patet altitudines esse in ratione reciproca diametrorum, ut demonstrant experimenta. Probe autem notandum est cylindruli fluidi diametrum pro ipsa tubi diametro a nobis usurpari; quod facere licet, ob exiguam & fere infinitesimam attractionis sphæram. Plurima alia tuborum capillarium phœnomena in hujus conclusionis progressu explicabimus atque explicationis veritatem magis ac magis confirmabimus. Interim concludere licet: Non plures admittendæ sunt causæ quam quæ & veræ sunt & phœnomenis explicandis sufficiunt; atqui in præsenti explicatione res ita se habet; vim attractivam vitri & aquæ, mutuam particularum aquearum attractionem experimenta demonstrant; has autem vires explicandis tuborum capillarium phœnomenis sufficere demonstravimus, atque in objectionibus refellendis confirmabimus. Ergo &c.

Objic. Quamvis sese mutuo attrahant fluido-

dorum moleculæ eæque ad vitrum attrahantur, ignota tamen est hujus attractionis lex, atque ea de causa factum est ut variæ sint Physicorum opiniones; alii nempe, ut Hauksbejus, totius concavæ superficiei annulis successive trahentibus ascensum aquæ tribuunt, quæ quidem opinio in præsenti conclusione explicata est: alii autem, ut Jurinus, suspensionem aquæ referunt in solam circumferentiam superficiei concavæ, cui superficiei contigua est proximeque adhærescit superior aquæ superficies. His positis sic argumentari licet. Attractioni referenda esse tuborum capillarium experimenta sine ullo fundamento affirmatur, si incerta omnino sit talis attractionis lex, atqui &c. Ergo .... Resp. N. Maj. Requidem vera hujus attractionis lex cognita non est; hoc unum affirmare possumus hanc attractionem neque esse in ratione duplicata inversa distantiarum; in contactu enim longe validior est hæc attractio quam pro talis attractionis lege; neque etiam esse potest in ratione plusquam duplicata distantiarum; in contactu enim foret infinita; Superest ergo attractionem illam servare legem aliam quæ sit ut certa functio quam in Physica generali jam explicavimus. Porro certissimum est innumeras fingi posse attractionis leges quæ tuborum capillarium phœnomenis satisfaciant. Quamvis autem explorata nondum sit lex illa, inde tamen minime concludi potest nullam esse; cum attractionis phœnomenum generatim compertum sit, nec repugnet lex aliqua tuborum capillarium experimentis probe satisfaciens. Jam quod spectat diversas Physicorum opiniones, duæ sunt tantummodo quæ aliquid difficultatis habere possunt, aliarum enim falsitas demonstrata est omnino. Nos quidem proba-
vi-

vimus Hauksbeii opinionem, si de ascensu fluidi sermo sit; aqua nempe ascendit attractione totius concavæ superficiei ipsius tubuli cui cylindrus aqueus successive adhæret. At falsa est opinio hauksbejana, si sermo sit de causa suspensionis aquæ in tubo capillari jam quiescentis; ostendimus enim cylindrulum aqueum in tubo capillari sustineri vi attractiva superficiei annularis internæ tubuli, mediante annulo canaliculi aquei, cui suprema cylindruli suspensi superficies cohæret & contigua est.

Neque satis feliciter Hauksbeii opinionem refellit Jurinus hac ratiocinatione; cum nempe, inquit Jurinus, altitudo aquæ in tubis capillaribus semper sit in ratione reciproca diametri, hinc sequitur quantitatem constantem semper esse superficiem illam quæ suspensam aquam sustinet; sed columna aquea suspensa in quolibet tubo semper est ut diameter; quare si attractio totius superficiei internæ aquam suspenderet, inde colligeretur causis inæqualibus effectus inæquales produci, quod est absurdum. Sed tota hæc Jurini ratiocinatio facile refellitur. Nullius usus est notissimum principium; *effectus* nempe *causis suis proportionales esse*, nisi agatur de causa prima & unica, non vero si agatur de effectu aliquo qui oritur ex causis plurimis & seorsim æstimandis. Ita dum ascensus aquæ in diversis tubis capillaribus inter se comparantur, superficiei cujusque attractio oritur ex attractionibus singularum particularum vitri in singulas aquæ particulas. Quia autem vires singulæ quæ vim totam superficiei unius componunt, non sunt æquales inter se, ex duarum superficierum æqualitate concludi non potest attractionis æqualitas, nisi cætera sint paria. Simili ratione, etiamsi concederetur solum

annulum superiorem aquæ contiguum attractionis causam esse, inde concludi minime posset pondus suspensum huic diametro proportionale esse; hujus enim annuli vis tota haberi non potest, nisi virium singularum summa habeatur. Quæstionem hanc ad sublimiorem Geometriam revocavit vir doctissimus D. Clairaut in eximio opusculo de figura telluris, sed rem faciliori doctrina tractasse nobis satis sit; cæterum clarissimi viri tuborum capillarium phænomena ex vi attractiva repetunt & in solo explicandi modo differunt.

Inst. I. Vis attractiva in omni fluidorum specie sese manifestaret, quod tamen experientiæ repugnat; nam mercurius per tubum capillarem non solum non ascendit, sed infra libellam descendit; & quidem eo magis quo minor est tubi diameter. Ergo &c. . . . Resp. N. Cons. Ex doctrina hactenus explicata intelligitur qua de causa mercurius per tubos capillares descendat. In hujus conclusionis probatione demonstravimus fluidi per tubos capillares altitudinem esse in ratione directa differentiæ virium attractivarum fluidi ad vitrum & fluidarum particularum inter se, atque in ratione reciproca diametri, quam rationem hac formula exhibuimus, $c = \frac{p - q}{d}$. Si quantitas $p - q$, sit affirmativa, jam altitudo est positiva, & aqua supra libellam ascendit. Verum si fluidarum particularum attractio mutua major sit quam attractio ad vitrum, ut contingit in mercurio, hoc est, si, q, major sit quam, p, jam quantitas, c, fit negativa, ac proinde ascensus mutatur in descensum, atque descensus

ille

ille erit reciproce ut diameter, quod cum experimentis probe consentit. Simili ratione, quia virium differentia p — q, in infinitum variari potest, hinc diversissimæ altitudines oriuntur pro fluidorum varietate atque etiam pro diversa tuborum capillarium vi attractiva. Inde etiam intelligitur quare tubo capillari ab aqua avulso, suspensa tamen aqua remaneat intra tubum, si tantisper attollatur. Et quidem in formula $c = \frac{p - q}{d}$, evanescit vis, q, manetque vis tota, p, non imminuta. Hæc autem omnia phœnomena per nullum fluidum, nequidem per ætherem cartesianum explicari posse videntur. Et certe si fluidum aliquod sit ascensus causa, nulla ratione intelligitur quid ad majorem altitudinem conferat, si tubus capillaris ab aqua extrahatur. Multo minus reddi poterit ratio cur fluida quædam graviora altius ascendant; contra autem humilius subsistant fluida alia minus gravia. Et quidem fluidum premens, quodcumque sit, in fluidum specifice levius vim majorem exerceret. Neque est quod hic refellamus commentitiam de inæquali aeris pressione quorumdam Philosophorum opinionem; hypotheseos commentum satis demonstrant experimenta quæ felicius succedunt in vacuo Boyliano quam in aere aperto.

Inst. II. Observavit diligentissimus vir Mus-Kembroekius, pro majori tuborum capillarium altitudine ad majorem quoque altitudinem fluida sublevari. Illud vero experimentum totam attractionis doctrinam evertere videtur. Etenim attractio illa quæ ascensum per tubos capillares produceret, in minimis duntaxat distantiis agere debet. At causam

aſcenſus diffuſam eſſe per totam tubi longitudinem demonſtrat Muskembroekii experimentum. Quare poſito experimento ſic argumentantur aliqui. Ea admitti non debet præmiſſorum phœnomenan cauſa quam experimenta ipſa deſtruunt, atqui &c. Ergo . . . Reſp. C. Maj. N. Min. Muskembroekii experimentum ſæpius fuit iteratum & ſucceſſu caruit; ſumma diligentia captatæ fuerunt fluidi altitudines in diverſis tubis, atque ad eas nihil omnino conferre diverſam tuborum altitudinem conſtanter obſervatum eſt. Nec tamen clariſſimum Muskembroekium alicujus oſcitantiæ in faciendis experimentis accuſare quis audeat; tales enim errores vix ulla diligentia aliquando vitari poſſunt; ſubtiliſſima enim experimenta illa pendent ex interna tuborum capillarium ſuperficie, quæ eximie perpolita & ejuſdem accurate diametri eſſe debet; quæ quidem experimentorum ſubtilitates periculoſæ omnino ſunt & difficiles. Cæterum clariſſimo viro fidem nos damus petimuſque viciſſim.

Prolixius eſſet ſingula explicare experimenta, cauſam generatim indicaſſe ſatis ſit, ad alia enim properare nos jubent & præſcripta brevitas & major fortaſſe utilitas; prætermittere tamen non licet hypotheſim quam Voſſii aut Borelli, aut Carrei appellant; adjumentum ſcilicet aſcenſus in abolita gravitatione quæſiverunt; ajunt nempe cylindrulum ſuſpenſum nullam preſſionem in ſubjectam aquam exercere, & deſtructa gravitate id fieri præcipitanter affirmant quod ſcilicet pondus cylindri in tubo levius factum ſit reſpectu aquæ in vaſe, ideoque, rupto æquilibrio, aqua debet aſcendere, non ſecus ac fieri demonſtravimus, ubi fluida duo ſunt diverſæ gravitatis ſpe-

specificæ. Hypothesis illa quam magno apparatu refellunt aliqui, primis Physicæ principiis repugnat. Et quidem lapis e fune pendens, numquid levior evasit? An minor potentia requiritur ut sursum tollatur? An igitur cylindrus aqueus omni sua gravitate vi illum sublevanti non resistit? Quia cum vitro cohæret. Sed hæc satis dicta sint; de hac autem celeberrima quæstione, ut alios prætermittam Scriptores plurimos, legantur opuscula quæ in Commentariis Petropolitanis tom. 8. & 9. tradidit vir doctus æque ac diligens Weitbrechtius.

ARTICULUS III.

De fluidorum motu.

I. SI particularum fluidarum figura mutuaque dispositio Physicis compertæ essent, ad vulgares & in Physica generali demonstratas motuum leges revocari possent fluida; problema enim semper determinatum est, si invenienda proponatur mutua corporum actio, dummodo nota sit eorumdem corporum figura positioque respectiva. At in præsenti argumento dolendum est quod problema non sit geometrice determinatum, sed experientias difficiles atque etiam hypotheses requirat. Quare hic pauca tantum exponemus quæ experimentis & facili ratiocinatione innotescunt.

Si fluidum aliquod vi comprimentis fluidi moveatur, velocitas fluidi exeuntis ad datam quamlibet altitudinem ea est quam fluidum acquireret cadendo ex eadem altitudine data. Hanc velocitatum legem demonstrat experientia & facilis ratiocinatio confirmat. Et

enim fluidum aliquod vi alterius fluidi prementis e tubo cylindrico exeat, vis comprimens est ut pondus fluidi prementis, nempe ut productum ex basi in altitudinem. Quia vero idem tubus consideratur cujus proinde eadem est basis, mutata tantum fluidi altitudine, erit pondus comprimens ut fluidi altitudo. Est autem vis comprimens ut quantitas motus dato tempore genita, hoc est, ut quantitas fluidi dato tempore exeuntis per velocitatem multiplicata; sed quo major est velocitas, eo major est fluidi quantitas dato tempore erumpens; ergo quantitas motus est ut quadratum velocitatis, ac proinde altitudo est in ratione duplicata velocitatis, & velocitates sunt in ratione subduplicata altitudinum; atque hæc est ipsa lex quam descendendo servant corpora solida.

II. Si tubi duo ejusdem diametri & ejusdem altitudinis, recti fuerint vel quomodocumque inclinati, eandem fluidi quantitatem iisdem temporibus effundent. Etenim si in tubis duobus omnia fuerint paria, res est evidens; at demonstratum est, eadem manente altitudine, tubi perpendicularis vel inclinati fundum æqualiter comprimi; eædem ergo fluidi quantitates eodem tempore exeunt; atque hinc etiam facile colligitur, manente tuborum altitudine, sed mutata diametro, fluidi quantitates esse ut bases ac proinde in ratione duplicata diametrorum. Hinc data quantitate aquæ ex tubis duobus effluentis dataque tubi alterutrius altitudine, inveniri facile potest tubi alterius altitudo. Etenim cum sit quantitas aquæ dato tempore effluens ut ipsa velocitas, ac proinde in ratione subduplicata altitudinis, statim per regulam trium invenitur tubi altitudo quæsita.

Si-

Similiter data altitudinum ratione & data quantitate aquæ ex tubo alterutro effluentis, inveniri poterit quantitas aquæ e tubo altero exeuntis. Tandem si tuborum altitudines sint inæquales & inæqualia etiam foramina, erunt quantitates aquæ eodem dato tempore in ratione composita ex duplicata diametrorum & subduplicata altitudinum. Hæc autem omnia maximæ sunt utilitatis, si certa aquæ portio, pro data ratione, per varios canales distribui debeat. Verum in his omnibus attendere oportet & variis experimentis probare canalium asperitatem; hæc enim aquarum fluentium velocitatem maxime retardat.

III. In præcedentibus demonstrationibus probe observandum est aquarum velocitatem a nobis investigari, in hypothesi tantum quod fluidum exeat vi alterius fluidi comprimentis. Evidens autem est has demonstrationes transferri non posse ad effluxum aquæ per tubum cylindricum utrinque apertum & sine fundo ullo, quod tamen in omnibus fere physicarum institutionum libris factum legitur. Etenim manifestum est in hoc casu fluidum instar massæ omnino solidæ per tubum descendere; neque enim partes quæ eadem moventur velocitate, ullam in se mutuo pressionem exercent. Si autem fluidum per foramen fundo aptatum exeat, tunc particulæ singulæ pressionem aliquam obliquam & e latere sustinent ab aliis contiguis fluidi columnis, at pressionem illam æqualem esse ponderi columnæ fluidæ cujus basis est ipsa foraminis amplitudo non sine difficiliori Geometriæ apparatu demonstrari potest; neque rem certo conficiunt vulgares Physici qui facilioribus utuntur principiis. Verum quia nec difficiliorem demonstrandi rationem adhibere nobis li-

cet, nec demonstratione minus accurata uti nobis placet, satis sit observare hanc fluidorum descendentium legem experientia comprobatam esse atque etiam geometrice demonstratam, si minima sit foraminis amplitudo.

IV. Si fluidum aliquod in vase, GHln, (Fig. 1.) cujuscumque figuræ defluat, & in eodem statu ubique maneat, hoc est, in nullo loco intumescat vel detumescat, diviso fluido in sectiones, cd, hk, ad Em, perpendiculares, erit cujuscumque sectionis velocitas in ratione inversa latitudinis, hoc est, velocitas in, cd, erit ad velocitatem in, hk, ut hk ad cd. Etenim ponantur spatia cd eg, egrs, hkln, lnqp, indefinite parva & æqualia; dum portio fluidi cd eg perveniet in, egrs, portio hkln, fluet in, lnqp. Quare velocitas in sectione, hk, erit ad velocitatem in sectione cd, ut af, ad im, nempe ut spatia iisdem temporibus percursa; sed (ex hyp.) af × cd = hk × im, ac proinde af : im = hk : cd, quare velocitates quæ sunt ut af, im, erunt etiam ut hk, cd. Principium illud ad fluminum cursum transferri potest. Flumen *in eodem statu manere* vel *in statu manente esse* dicitur, si inter fluendum nusquam attollitur ejus superficies vel deprimitur. Quare si flumen in statu manente perseveret, velocitates erunt in ratione sectionum reciproca, sive æqualibus temporibus æquales aquæ quantitates fluent per singulas fluminis sectiones, si tamen cætera omnia fuerint paria. Etenim transire ponatur plus aquæ per sectionem cd, quam per sectionem, hk, intumescet aqua inter has sectiones nempe in cdhk; sin vero plus aquæ flueret per sectionem, hk, quam per, cd, aqua inter has sectiones decresceret con-

contraria ratione, ac proinde flumen non in eodem statu maneret; sed de fluminum cursu multa & quidem utilissima in appendice observabimus.

V. Si aqua fluat per tubum vel per canalem ex quo deinde ad verticalem altitudinem resilire possit, seclusis omnibus impedimentis, ad eam ex qua decidit, altitudinem perveniet, quæcumque sit tubi vel canalis inclinatio. Id autem facile colligitur ex corporum descendentium lege quam a fluidis etiam servari ostendimus. Consulere hic debent Tyrones quæ de corporum descensu in Physica generali demonstravimus. Inde etiam evidens fit fluidum data aliqua velocitate per altitudinem perpendicularem acquisita e tubo inclinato effluens per curvam parabolicam relabi, prorsus ut faciunt corpora solida.

Ex hac doctrina instrumenti cujusdam occasionem nactus est D. Pitot Academiæ Parisiensis socius. Adhibet tubum inflexum cujus pars superior verticalis est, pars autem inferior horizontalis quam aquæ fluenti immergit. Jam aqua tubum horizontalem ingressa ad certam altitudinem in tubo verticali ascendit, ad eam scilicet altitudinem ex qua fluidum cadendo acquireret quæsitam velocitatem; atque hinc vir clarissimus amnis profluentis velocitatem in diversis locis diversisque altitudinibus æstimare tentavit, sed irrito prorsus conatu. Et quidem aqua in tubum horizontalem influens in ipso crurum angulo resistentiam maximam experitur, cui resistentiæ jungenda est retardatio ex mutuo partium attritu oriunda. Ex iisdem principiis velocitatem sanguinis per animalium venas & arterias fluentis æstimare jam antea conatus erat, sed infeliciori successu clariss. Halesius

qui

qui in eximio opere cui titulus est : *Statica animalium* : minimum tubulum eo fere quem diximus modo comparatum, se inseruisse refert sectis animalium venis & arteriis, ut ex sanguinis exilientis altitudine velocitatem expiscaretur; sed non video quænam ex tali instrumento haberi possit utilitas; nam præter incommoda cum instrumento præcedenti communia, alia sunt plurima; nempe venæ & arteriæ sectio magis vel minus nitide terminata, magis minusve angusta, sanguinis retardatio ex animalium canalibus in aerem exilientis, aliæ sunt difficultates omnino insuperabiles. Quare patet talia experimenta nihil omnino conferre ad determinandam sanguinis velocitatem in statu suo naturali; illud autem problema a *Physicomedicis* sæpius tentatum & Geometriæ atque Algebræ magno apparatu ornatum, doctissimorum quoque Geometrarum vires longe superat nisi fictitiis hypothesibus utantur. Satius ergo esset talia problemata pro desperatis relinquere & alia valetudini nostræ utiliora investigare.

ARTICULUS IV.

De resistentia fluidorum.

I. DE hac intricatissima doctrina Algebræ etiam reconditiori fere impervia, pauca tantum delibare licebit; præmissis quibusdam de fluidorum percussione principiis. Si plana duo æqualia & immota, ut DC (Fig. 2.) incurrente fluido directe percutiantur, erunt percussiones sive ictus impressi ut quadrata velocitatum. Si autem velocitates sint inæquales, superficies autem inæquales, percussiones erunt ut superficies; tandem si inæqua-

quales fuerint velocitates & superficies, erunt pecussiones ut superficies & quadrata velocitatum simul. Etenim considerentur fluidi filamenta AF, tanquam ex minimis globulis composita quorum alii post alios suo ordine moventur. Jam quilibet globulus tanquam corpus solidum potest considerari; ponatur autem in fluido AF, velocitas triplo major, globulorum numerus triplo major eodem tempore moveri debet, ac proinde quantitas motus seu ictus magnitudo erit ut productum ex massa triplo majori in velocitatem triplo majorem; sed quo major est velocitas, eo major est globulorum eodem tempore incurrentium numerus; ergo ictus impressus, cæteris paribus, est ut quadratum velocitatis. Præterea si eadem manente velocitate, inæquales fuerint superficies, quo major est superficies, eo major erit particularum eodem tempore incurrentium numerus, ac proinde ob eandem velocitatem quantitas motus erit ut particularum numerus, hoc est, ut superficies Quare si diversa fuerit velocitas & diversa etiam superficies, erit percussio seu ictus magnitudo in ratione composita ex simplici superficierum & duplicata velocitatum.

II. Nec difficilius invenietur percussio obliqua. Superficies duæ æquales DC, DE eidem fluido incurrenti objiciantur; una quidem, DC, directe, altera autem DE, oblique. Cum singula fluidi filamenta secundum directiones parallelas BD, AC, incurrant (ex hyp.) angulus FDE, æqualis erit angulo alterno DEG. Jam sumatur DE, vel DC, pro radio vel sinu toto, erit DG, sinus anguli DEG vel FDE: sed numerus filamentorum directe incurrentium est ad numerum filamentorum quæ incurrunt oblique, ut DC ad DG; & præ-

te-

terea, cæteris paribus, percuſſio obliqua eſt ad percuſſionem directam ut DG ad DC, hoc eſt, ut ſinus anguli incidentiæ ad ſinum totum, ex demonſtratis in Phyſica generali; ergo percuſſio directa eſt ad percuſſionem obliquam ut quadratum ſinus totius ad quadratum ſinus anguli incidentiæ. Si autem ſuperficies fuerint etiam inæquales, erit percuſſio directa ad obliquam in ratione ex his tribus compoſita, nempe percuſſio directa eſt ad obliquam ut quadratum ſinus totius & ſuperficies ſimul ad quadratum ſinus incidentiæ & ſuperficiem ſimul. Quare etiam evidens eſt ſuperficierum inæqualium percuſſionem obliquam eſſe in ratione duplicata ſinuum incidentiæ & ſuperficierum conjunctim.

III. His præmiſſis de fluidorum percuſſione, jam pauca explicabimus de reſiſtentia quam corpora in fluido delata experiuntur. Si corpus aliquod in fluido moveatur, occurrentes fluidi particulas percutit & in eas tranſfert aliquam motus ſui partem: hinc corporis velocitas retardatur atque tandem omnino extinguitur. Itaque reſiſtentia proportionalis eſt quantitati motus amiſſæ, vel etiam, quod idem eſt, producto ex quantitate fluidi quæ loco movetur in velocitatem acquiſitam. Quare ſi corpus velocitate uniformi moveatur in medio reſiſtente, neceſſum eſt huic corpori perpetuo applicari vim aliquam quæ fluidi reſiſtentiam indeſinenter ſuperet, alioqui motum ſuum tandem amitteret: Hæc autem vis eadem perpetuo manere debet; cum enim mobile temporibus æqualibus ſpatia æqualia percurrat, eamdem temporibus æqualibus reſiſtentiam debet experiri. Jam ponamus corpus aliquod in fluido moveri velocitate triplo majori, eodem tempore ſpatium triplum percurrit,

rit, quod fieri non poteſt niſi fluidi volumen triplo majus e loco moveat; præterea volumen illud accipit velocitatem triplo majorem; nam dum e loco movetur, percurrere debet ſpatium æquale huic eidem ſpatio quod corpus deſcribit. Igitur dum corpus movetur velocitate tripla, maſſam fluidi triplo majorem velocitate tripla impellit. Quare cum reſiſtentiæ ſint ut quantitates motus in fluidum translatæ, erunt eædem reſiſtentiæ ut tripla maſſa per triplam velocitatem multiplicata, hoc eſt, generatim ut quadratum velocitatis.

IV. Si Globi duo inæquali velocitate moveantur in fluido, reſiſtentias patientur quæ ſunt ut quadrata velocitatum & quadrata diametrorum conjunctim. Nam reſiſtentiæ ſunt ut quadrata velocitatum & ſuperficierum ſimul, ſed ſuperficies ſunt ut quadrata diametrorum; ergo reſiſtentiæ ſunt in ratione compoſita ex duplicata velocitatum itidemque duplicata diametrorum. Quare ſi velocitates ſint æquales, reſiſtentiæ ſunt ut quadrata diametrorum. Porro evidens eſt proportionem non valere, niſi eadem ſit fluidi aut corporis directio. Cæterum ex demonſtratis colligitur, corpora vi gravitatis per fluidum deſcendentia reduci tamdem ad motum uniformem. Ponamus corpus per aerem deſcendere, illius velocitas primum eſt accelerata; ſed creſcente velocitate creſcit quoque aeris reſiſtentia. Porro ſi ex duabus quantitatibus inæqualibus, minor perpetuo creſcat, altera eadem manente, perveniri tandem debet ad terminum in quo minor majori æquatur; quare cum gravitas eadem maneat, continuo creſcente reſiſtentia; evidens eſt motum uniformiter acceleratum reduci tandem ad uniformem, ob gravitatis & reſiſtentiæ æquilibrium, quod demonſtrat

ex-

experientia. Hinc facile satisfit objectioni quam in Physica generali breviter tantum attigimus; cum nempe uniformiter acceleratus esse debeat motus ex gravitate oriundus, qui tamen elapso tempore aliquo uniformis deprehenditur, gravitatis doctrinæ prima fronte contraria videri possent experimenta.

V. In præcedentibus demonstrationibus nonnullas adhibuimus hypotheses quæ cum ipsa fluidorum natura non satis accurate consentire videntur. Ita dum fluidi percussionem in planum aliquod investigamus, fluidum a nobis ponebatur tanquam compositum ex diversis filamentis in planum incurrentibus, quorum partes singulæ erant in directum positæ; fingebamus quoque filamenta illa in planum ita impingere ut post reflexionem ab ipso plano motus mutuos minime perturbarent, quæ quidem hypotheses cum natura fluidornm minime conveniunt; sunt enim particulæ fluidorum vario ordine inter se dispositæ, secundum varias directiones in se mutuo incurrunt, sese diversissimis indirectisque ictibus mutuo percutiunt; quas quidem conditiones aliasque plurimas nobis omnino ignotas definire non licet. His difficultatibus adjungi etiam debet resistentia ex particularum fluidarum tenacitate, gravitate, mutuoque attritu. Attamen non obstantibus præsentis doctrinæ incommodis atque ambagibus, nemo sibi persuadeat eam nullius esse utilitatis; probe enim distingui debent demonstrationes quæ certis experimentis innituntur, ab aliis propositionibus quæ ex incerta fluidorum natura colliguntur. Ita de fluidorum doctrina multa demonstravimus quæ ex pressionis æqualitate unice pendent; ita etiam dum fluidorum percussionem investigamus illorumque resistentiam, accuratissi-

tissimis experimentis notam esse ponimus fluidorum velocitatem quæ quidem in plurimis saltem casibus omnem Geometriæ & Algebræ industriam effugere videtur; sed quo magis accurata sunt experimenta, eo magis ad veritatem accedet doctrina geometrica, si, ea qua par est, diligentia tractetur.

APPENDIX.

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

I. DE fluidorum natura nihil est quod in hac appendice observemus, nisi ut recordemur angustos ingenii nostri limites quorum quidem conscius esse debet quisquis veram Physicam probe excolit; plurima enim imo omnia mirari cogimur naturæ phœnomena; hanc veritatem sentiunt quidem omnes rerum physicarum bene docti, quamvis eam, ut facere deberent, philosophica ingenuitate non semper profiteantur.

Fluidorum doctrina maximas in arte Nautica habet utilitates, unam ex multis seligere satis erit. Ex præcedentibus demonstrationibus patet tantam navis partem aquæ immergi, donec æqualis aquæ moles totius navis pondus adæquet. Hinc statim definiri potest justum pondus navi imponendum. Pondus totum navis ex duabus partibus componitur, nempe ex proprio navis pondere & ex justo pondere navi imponendo. Duo illa pondera efficiunt ut navis ad datam profunditatem demergatur. Itaque mensuretur capacitas hujus partis navis quæ aquæ submersa est, priusquam pondere gravetur, & calculo definiatur quantum pondus habiturum sit æquale

aquæ

aquæ volumen, pondus inventum navis ponderi erit æquale. Jam navi pondus imponatur, ad majorem profunditatem navis demergitur, atque iterum pondus navis æquatur ponderi aquæ ejuſdem cum parte immerſa voluminis; primum pondus ab altero ſubtrahatur, differentia æqualis erit ponderi imponendo. Itaque data profunditate ad quam navis juſto pondere onuſta intra aquas latere debet, & data etiam profunditate ad quam navis proprio pondere aquis immergitur, tota res huc revocatur ut nempe determinetur per Geometriam utriuſque capacitatis differentia, & deinde inveniatur pondus aquæ ejuſdem cum hac differentia voluminis; ſed quæ ad artem Nauticam ſpectant fuſius perſequi non licet; ſunt enim ſublimioris doctrinæ; at de fluminum curſu fuſius dicemus.

II. Doctrinæ præcedentis utilitatem in fluminum curſu pluribus demonſtare ſuperfluum eſt; ſatis eſt cogitare in Italia præſertim veſtra fertiliſſimos agros fluminum exundantium impetu devaſtatos, innumerabilium hominum fortunas aquis everſas. Quæ cum ita ſint, brevioribus, quantum potero, verbis hic colligam utiliſſima ſane principia quæ de fluminum natura tradidit vir peritiſſimus Guillelminus.

Fluminum aquæ ſuam ut plurimum habent ſcaturiginem in montibus vel in loco aliquo ſublimi; deſcendendo velocitatem acquirunt; hæc tamen velocitas deinde ob perpetuam fundi littorumque reſiſtentiam atque etiam ob minorem deſcenſus declivitatem retardatur. Si velocitas acquiſita diverſis impedimentis extinguatur omnino, ita ut horizontalis fiat fluminis curſus; jam nihil eſt quod fluminis curſum tueri poſſit præter aquarum altitudi-

nem

nem vel pressionem perpendicularem; verum, quod quidem primo aspectu paradoxum videri posset, hæc ultima celeritatis causa eo magis crescit quo magis velocitas prædictis impedimentis retardatur; nam quo majorem acquisitæ velocitatis partem aqua amittit, eo magis attollitur illius superficies.

Aqua superior & a littoribus remotior, sola declivitatis ratione etiamsi valde exigua sit, semper fluere potest; cum enim nullo obstaculo impediatur, minima declivitas ad motum satis est. At aqua inferior fundo incumbens nullum fere motum ob exiguam declivitatem maximamque resistentiam admittit; & sola aquæ superioris pressione fluit. Partium viscositas atque tenacitas id debent efficere ut nempe partes inferiores superiorum pressione moveantur, atque superiores secum trahant, quæ quidem in alveo horizontali vel parum declivi, nihil aut fere nihil moverentur. Itaque partes inferiores motum ex pressione acceptum in partes superiores aliqua ex parte transferunt. Ea de caussa fit ut maxima fluminis velocitas in media a fundo distantia observari soleat; in hoc enim loco dimidia aquæ pressione fluminis cursus acceleratur, nec fundi impedimentis retardatur. An fluminis aqua vi pressionis perpendicularis decurrat, an vero acquisita per descensum velocitate, hoc experimento potest explorari; profluenti amni objiciatur aliquod obstaculum ipsi aquæ perpendiculare; si aqua versus obstaculum accumuletur & intumescat, velocitas ex alvei declivitate oritur. At si aqua sistatur tantum, velocitas pressioni tribuenda est.

Flumina suum alveum sibi cavant. Si fundus sit admodum declivis, aqua maximam

acqui-

enim fluidum aliquod vi alterius fluidi prementis e tubo cylindrico exeat, vis comprimens est ut pondus fluidi prementis, nempe ut productum ex basi in altitudinem. Quia vero idem tubus consideratur cujus proinde eadem est basis, mutata tantum fluidi altitudine, erit pondus comprimens ut fluidi altitudo. Est autem vis comprimens ut quantitas motus dato tempore genita, hoc est, ut quantitas fluidi dato tempore exeuntis per velocitatem multiplicata; sed quo major est velocitas, eo major est fluidi quantitas dato tempore erumpens; ergo quantitas motus est ut quadratum velocitatis, ac proinde altitudo est in ratione duplicata velocitatis, & velocitates sunt in ratione subduplicata altitudinum; atque hæc est ipsa lex quam descendendo servant corpora solida.

II. Si tubi duo ejusdem diametri & ejusdem altitudinis, recti fuerint vel quomodocumque inclinati, eandem fluidi quantitatem iisdem temporibus effundent. Etenim si in tubis duobus omnia fuerint paria, res est evidens; at demonstratum est, eadem manente altitudine, tubi perpendicularis vel inclinati fundum æqualiter comprimi; eædem ergo fluidi quantitates eodem tempore exeunt; atque hinc etiam facile colligitur, manente tuborum altitudine, sed mutata diametro, fluidi quantitates esse ut bases ac proinde in ratione duplicata diametrorum. Hinc data quantitate aquæ ex tubis duobus effluentis dataque tubi alterutrius altitudine, inveniri facile potest tubi alterius altitudo. Etenim cum sit quantitas aquæ dato tempore effluens ut ipsa velocitas, ac proinde in ratione subduplicata altitudinis, statim per regulam trium invenitur tubi altitudo quæsita.

Si-

Similiter data altitudinum ratione & data quantitate aquæ ex tubo alterutro effluentis, inveniri poterit quantitas aquæ e tubo altero exeuntis. Tandem si tuborum altitudines sint inæquales & inæqualia etiam foramina, erunt quantitates aquæ eodem dato tempore in ratione composita ex duplicata diametrorum & subduplicata altitudinum. Hæc autem omnia maximæ sunt utilitatis, si certa aquæ portio, pro data ratione, per varios canales distribui debeat. Verum in his omnibus attendere oportet & variis experimentis probare canalium asperitatem; hæc enim aquarum fluentium velocitatem maxime retardat.

III. In præcedentibus demonstrationibus probe observandum est aquarum velocitatem a nobis investigari, in hypothesi tantum quod fluidum exeat vi alterius fluidi comprimentis. Evidens autem est has demonstrationes transferri non posse ad effluxum aquæ per tubum cylindricum utrinque apertum & sine fundo ullo, quod tamen in omnibus fere physicarum institutionum libris factum legitur. Etenim manifestum est in hoc casu fluidum instar massæ omnino solidæ per tubum descendere; neque enim partes quæ eadem moventur velocitate, ullam in se mutuo pressionem exercent. Si autem fluidum per foramen fundo aptatum exeat, tunc particulæ singulæ pressionem aliquam obliquam & e latere sustinent ab aliis contiguis fluidi columnis, at pressionem illam æqualem esse ponderi columnæ fluidæ cujus basis est ipsa foraminis amplitudo non sine difficiliori Geometriæ apparatu demonstrari potest; neque rem certo conficiunt vulgares Physici qui facilioribus utuntur principiis. Verum quia nec difficiliorem demonstrandi rationem adhibere nobis li-

cet, nec demonstratione minus accurata uti nobis placet, satis sit observare hanc fluidorum descendentium legem experientia comprobatam esse atque etiam geometrice demonstratam, si minima sit foraminis amplitudo.

IV. Si fluidum aliquod in vase, GHln, (Fig. 1.) cujuscumque figuræ defluat, & in eodem statu ubique maneat, hoc est, in nullo loco intumescat vel detumescat, diviso fluido in sectiones, cd, hk, ad. Em, perpendiculares, erit cujuscumque sectionis velocitas in ratione inversa latitudinis, hoc est, velocitas in, cd, erit ad velocitatem in, hk, ut hk ad cd. Etenim ponantur spatia cd eg, egrs, hkln, lnqp, indefinite parva & æqualia; dum portio fluidi cd eg perveniet in, egrs, portio hkln, fluet in, lnqp. Quare velocitas in sectione, hk, erit ad velocitatem in sectione cd, ut af, ad im, nempe ut spatia iisdem temporibus percursa; sed (ex hyp.) af × cd = hk × im, ac proinde af : im = hk : cd, quare velocitates quæ sunt ut af, im, erunt etiam ut hk, cd. Principium illud ad fluminum cursum transferri potest. Flumen *in eodem statu manere* vel *in statu manente esse* dicitur, si inter fluendum nusquam attollitur ejus superficies vel deprimitur. Quare si flumen in statu manente perseveret, velocitates erunt in ratione sectionum reciproca, sive æqualibus temporibus æquales aquæ quantitates fluent per singulas fluminis sectiones, si tamen cætera omnia fuerint paria. Etenim transire ponatur plus aquæ per sectionem cd, quam per sectionem, hk, intumescet aqua inter has sectiones nempe in cdhk; sin vero plus aquæ flueret per sectionem, hk, quam per, cd, aqua inter has sectiones decresceret con-

contraria ratione, ac proinde flumen non in eodem statu maneret; sed de fluminum cursu multa & quidem utilissima in appendice observabimus.

V. Si aqua fluat per tubum vel per canalem ex quo deinde ad verticalem altitudinem resilire possit, seclusis omnibus impedimentis, ad eam ex qua decidit, altitudinem perveniet, quæcumque sit tubi vel canalis inclinatio. Id autem facile colligitur ex corporum descendentium lege quam a fluidis etiam servari ostendimus. Consulere hic debent Tyrones quæ de corporum descensu in Physica generali demonstravimus. Inde etiam evidens fit fluidum data aliqua velocitate per altitudinem perpendicularem acquisita e tubo inclinato effluens per curvam parabolicam relabi, prorsus ut faciunt corpora solida.

Ex hac doctrina instrumenti cujusdam occasionem nactus est D. Pitot Academiæ Parisiensis socius. Adhibet tubum inflexum cujus pars superior verticalis est, pars autem inferior horizontalis quam aquæ fluenti immergit. Jam aqua tubum horizontalem ingressa ad certam altitudinem in tubo verticali ascendit, ad eam scilicet altitudinem ex qua fluidum cadendo acquireret quæsitam velocitatem; atque hinc vir clarissimus amnis profluentis velocitatem in diversis locis diversisque altitudinibus æstimare tentavit, sed irrito prorsus conatu. Et quidem aqua in tubum horizontalem influens in ipso crurum angulo resistentiam maximam experitur, cui resistentiæ jungenda est retardatio ex mutuo partium attritu oriunda. Ex iisdem principiis velocitatem sanguinis per animalium venas & arterias fluentis æstimare jam antea conatus erat, sed infeliciori successu clariss. Halesius

qui in eximio opere cui titulus est : *Statica animalium :* minimum tubulum eo fere quem diximus modo comparatum, se inseruisse refert sectis animalium venis & arteriis, ut ex sanguinis exilientis altitudine velocitatem expiscaretur; sed non video quænam ex tali instrumento haberi possit utilitas ; nam præter incommoda cum instrumento præcedenti communia, alia sunt plurima ; nempe venæ & arteriæ sectio magis vel minus nitide terminata, magis minusve angusta, sanguinis retardatio ex animalium canalibus in aerem exilientis, aliæ sunt difficultates omnino insuperabiles. Quare patet talia experimenta nihil omnino conferre ad determinandam sanguinis velocitatem in statu suo naturali ; illud autem problema a *Physicomedicis* sæpius tentatum & Geometriæ atque Algebræ magno apparatu ornatum, doctissimorum quoque Geometrarum vires longe superat nisi fictitiis hypothesibus utantur. Satius ergo esset talia problemata pro desperatis relinquere & alia valetudini nostræ utiliora investigare.

ARTICULUS IV.

De resistentia fluidorum.

I. DE hac intricatissima doctrina Algebræ etiam reconditiori fere impervia, pauca tantum delibare licebit ; præmissis quibusdam de fluidorum percussione principiis. Si plana duo æqualia & immota, ut DC (Fig. 2.) incurrente fluido directe percutiantur, erunt percussiones sive ictus impressi ut quadrata velocitatum. Si autem velocitates sint inæquales, superficies autem inæquales, percussiones erunt ut superficies ; tandem si inæ-

qua-

quales fuerint velocitates & superficies, erunt pecussiones ut superficies & quadrata velocitatum simul. Etenim considerentur fluidi filamenta AF, tanquam ex minimis globulis composita quorum alii post alios suo ordine moventur. Jam quilibet globulus tanquam corpus solidum potest considerari; ponatur autem in fluido AF, velocitas triplo major, globulorum numerus triplo major eodem tempore moveri debet, ac proinde quantitas motus seu ictus magnitudo erit ut productum ex massa triplo majori in velocitatem triplo majorem; sed quo major est velocitas, eo major est globulorum eodem tempore incurrentium numerus; ergo ictus impressus, cæteris paribus, est ut quadratum velocitatis. Præterea si eadem manente velocitate, inæquales fuerint superficies, quo major est superficies, eo major erit particularum eodem tempore incurrentium numerus, ac proinde ob eandem velocitatem quantitas motus erit ut particularum numerus, hoc est, ut superficies Quare si diversa fuerit velocitas & diversa etiam superficies, erit percussio seu ictus magnitudo in ratione composita ex simplici superficierum & duplicata velocitatum.

II. Nec difficilius invenietur percussio obliqua. Superficies duæ æquales DC, DE eidem fluido incurrenti objiciantur; una quidem DC, directe, altera autem DE, oblique. Cum singula fluidi filamenta secundum directiones parallelas BD, AC, incurrant (ex hyp.) angulus FDE, æqualis erit angulo alterno DEG. Jam sumatur DE, vel DC, pro radio vel sinu toto, erit DG, sinus anguli DEG vel FDE: sed numerus filamentorum directe incurrentium est ad numerum filamentorum quæ incurrunt oblique, ut DC ad DG; & præ-

te-

terea, cæteris paribus, percussio obliqua est ad percussionem directam ut DG ad DC, hoc est, ut sinus anguli incidentiæ ad sinum totum, ex demonstratis in Physica generali; ergo percussio directa est ad percussionem obliquam ut quadratum sinus totius ad quadratum sinus anguli incidentiæ. Si autem superficies fuerint etiam inæquales, erit percussio directa ad obliquam in ratione ex his tribus composita, nempe percussio directa est ad obliquam ut quadratum sinus totius & superficies simul ad quadratum sinus incidentiæ & superficiem simul. Quare etiam evidens est superficierum inæqualium percussionem obliquam esse in ratione duplicata sinuum incidentiæ & superficierum conjunctim.

III. His præmissis de fluidorum percussione, jam pauca explicabimus de resistentia quam corpora in fluido delata experiuntur: Si corpus aliquod in fluido moveatur, occurrentes fluidi particulas percutit & in eas transfert aliquam motus sui partem: hinc corporis velocitas retardatur atque tandem omnino extinguitur. Itaque resistentia proportionalis est quantitati motus amissæ, vel etiam, quod idem est, producto ex quantitate fluidi quæ loco movetur in velocitatem acquisitam. Quare si corpus velocitate uniformi moveatur in medio resistente, necessum est huic corpori perpetuo applicari vim aliquam quæ fluidi resistentiam indefinenter superet, alioqui motum suum tandem amitteret: Hæc autem vis eadem perpetuo manere debet; cum enim mobile temporibus æqualibus spatia æqualia percurrat, eamdem temporibus æqualibus resistentiam debet experiri. Jam ponamus corpus aliquod in fluido moveri velocitate triplo majori, eodem tempore spatium triplum percur-

rit,

rit, quod fieri non poteſt niſi fluidi volumen triplo majus e loco moveat; præterea volumen illud accipit velocitatem triplo majorem; nam dum e loco movetur, percurrere debet ſpatium æquale huic eidem ſpatio quod corpus deſcribit. Igitur dum corpus movetur velocitate tripla, maſſam fluidi triplo majorem velocitate tripla impellit. Quare cum reſiſtentiæ ſint ut quantitates motus in fluidum tranſlatæ, erunt eædem reſiſtentiæ ut tripla maſſa per triplam velocitatem multiplicata, hoc eſt, generatim ut quadratum velocitatis.

IV. Si Globi duo inæquali velocitate moveantur in fluido, reſiſtentias patientur quæ ſunt ut quadrata velocitatum & quadrata diametrorum conjunctim. Nam reſiſtentiæ ſunt ut quadrata velocitatum & ſuperficierum ſimul, ſed ſuperficies ſunt ut quadrata diametrorum; ergo reſiſtentiæ ſunt in ratione compoſita ex duplicata velocitatum itidemque duplicata diametrorum. Quare ſi velocitates ſint æquales, reſiſtentiæ ſunt ut quadrata diametrorum. Porro evidens eſt proportionem non valere, niſi eadem ſit fluidi aut corporis directio. Cæterum ex demonſtratis colligitur, corpora vi gravitatis per fluidum deſcendentia reduci tamdem ad motum uniformem. Ponamus corpus per aerem deſcendere, illius velocitas primum eſt accelerata; ſed creſcente velocitate creſcit quoque aeris reſiſtentia. Porro ſi ex duabus quantitatibus inæqualibus, minor perpetuo creſcat, altera eadem manente, perveniri tandem debet ad terminum in quo minor majori æquatur; quare cum gravitas eadem maneat, continuo creſcente reſiſtentia; evidens eſt motum uniformiter acceleratum reduci tandem ad uniformem, ob gravitatis & reſiſtentiæ æquilibrium, quod demonſtrat

ex-

experientia. Hinc facile satisfit objectioni quam in Physica generali breviter tantum attigimus; cum nempe uniformiter acceleratus esse debeat motus ex gravitate oriundus, qui tamen elapso tempore aliquo uniformis deprehenditur, gravitatis doctrinæ prima fronte contraria videri possent experimenta.

V. In præcedentibus demonstrationibus nonnullas adhibuimus hypotheses quæ cum ipsa fluidorum natura non satis accurate consentire videntur. Ita dum fluidi percussionem in planum aliquod investigamus, fluidum a nobis ponebatur tanquam compositum ex diversis filamentis in planum incurrentibus, quorum partes singulæ erant in directum positæ; fingebamus quoque filamenta illa in planum ita impingere ut post reflexionem ab ipso plano motus mutuos minime perturbarent, quæ quidem hypotheses cum natura fluidorum minime conveniunt; sunt enim particulæ fluidorum vario ordine inter se dispositæ, secundum varias directiones in se mutuo incurrunt, sese diversissimis indirectisque ictibus mutuo percutiunt; quas quidem conditiones aliasque plurimas nobis omnino ignotas definire non licet. His difficultatibus adjungi etiam debet resistentia ex particularum fluidarum tenacitate, gravitate, mutuoque attritu. Attamen non obstantibus præsentis doctrinæ incommodis atque ambagibus, nemo sibi persuadeat eam nullius esse utilitatis; probe enim distingui debent demonstrationes quæ certis experimentis innituntur, ab aliis propositionibus quæ ex incerta fluidorum natura colliguntur. Ita de fluidorum doctrina multa demonstravimus quæ ex pressionis æqualitate unice pendent; ita etiam dum fluidorum percussionem investigamus illorumque resistentiam, accuratissi-

tissimis experimentis notam esse ponimus fluidorum velocitatem quæ quidem in plurimis saltem casibus omnem Geometriæ & Algebræ industriam effugere videtur; sed quo magis accurata sunt experimenta, eo magis ad veritatem accedet doctrina geometrica, si, ea qua par est, diligentia tractetur.

APPENDIX.

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

I. DE fluidorum natura nihil est quod in hac appendice observemus, nisi ut recordemur angustos ingenii nostri limites quorum quidem conscius esse debet quisquis veram Physicam probe excolit; plurima enim imo omnia mirari cogimur naturæ phœnomena; hanc veritatem sentiunt quidem omnes rerum physicarum bene docti, quamvis eam, ut facere deberent, philosophica ingenuitate non semper profiteantur.

Fluidorum doctrina maximas in arte Nautica habet utilitates, unam ex multis seligere satis erit. Ex præcedentibus demonstrationibus patet tantam navis partem aquæ immergi, donec æqualis aquæ moles totius navis pondus adæquet. Hinc statim definiri potest justum pondus navi imponendum. Pondus totum navis ex duabus partibus componitur, nempe ex proprio navis pondere & ex justo pondere navi imponendo. Duo illa pondera efficiunt ut navis ad datam profunditatem demergatur. Itaque mensuretur capacitas hujus partis navis quæ aquæ submersa est, priusquam pondere gravetur, & calculo definiatur quantum pondus habiturum sit æquale

aquæ

aquæ volumen, pondus inventum navis ponderi erit æquale. Jam navi pondus imponatur, ad majorem profunditatem navis demergitur, atque iterum pondus navis æquatur ponderi aquæ ejuſdem cum parte immerſa voluminis; primum pondus ab altero ſubtrahatur, differentia æqualis erit ponderi imponendo. Itaque data profunditate ad quam navis juſto pondere onuſta intra aquas latere debet, & data etiam profunditate ad quam navis proprio pondere aquis immergitur, tota res huc revocatur ut nempe determinetur per Geometriam utriuſque capacitatis differentia, & deinde inveniatur pondus aquæ ejuſdem cum hac differentia voluminis; ſed quæ ad artem Nauticam ſpectant fuſius perſequi non licet; ſunt enim ſublimioris doctrinæ; at de fluminum curſu fuſius dicemus.

II. Doctrinæ præcedentis utilitatem in fluminum curſu pluribus demonſtare ſuperfluum eſt; ſatis eſt cogitare in Italia præſertim veſtra fertiliſſimos agros fluminum exundantium impetu devaſtatos, innumerabilium hominum fortunas aquis everſas. Quæ cum ita ſint, brevioribus, quantum potero, verbis hic colligam utiliſſima ſane principia quæ de fluminum natura tradidit vir peritiſſimus Guillelminus.

Fluminum aquæ ſuam ut plurimum habent ſcaturiginem in montibus vel in loco aliquo ſublimi; deſcendendo velocitatem acquirunt; hæc tamen velocitas deinde ob perpetuam fundi littorumque reſiſtentiam atque etiam ob minorem deſcenſus declivitatem retardatur. Si velocitas acquiſita diverſis impedimentis extinguatur omnino, ita ut horizontalis fiat fluminis curſus; jam nihil eſt quod fluminis curſum tueri poſſit præter aquarum altitudinem

nem

nem vel pressionem perpendicularem; verum, quod quidem primo aspectu paradoxum videri posset, hæc ultima celeritatis causa eo magis crescit quo magis velocitas prædictis impedimentis retardatur; nam quo majorem acquisitæ velocitatis partem aqua amittit, eo magis attollitur illius superficies.

Aqua superior & a littoribus remotior, sola declivitatis ratione etiamsi valde exigua sit, semper fluere potest; cum enim nullo obstaculo impediatur, minima declivitas ad motum satis est. At aqua inferior fundo incumbens nullum fere motum ob exiguam declivitatem maximamque resistentiam admittit, & sola aquæ superioris pressione fluit. Partium viscositas atque tenacitas id debent efficere ut nempe partes inferiores superiorum pressione moveantur, atque superiores secum trahant, quæ quidem in alveo horizontali vel parum declivi, nihil aut fere nihil moverentur. Itaque partes inferiores motum ex pressione acceptum in partes superiores aliqua ex parte transferunt. Ea de caussa fit ut maxima fluminis velocitas in media a fundo distantia observari soleat; in hoc enim loco dimidia aquæ pressione fluminis cursus acceleratur, nec fundi impedimentis retardatur. An fluminis aqua vi pressionis perpendicularis decurrat, an vero acquisita per descensum velocitate, hoc experimento potest explorari; profluenti amni objiciatur aliquod obstaculum ipsi aquæ perpendiculare; si aqua versus obstaculum accumuletur & intumescat, velocitas ex alvei declivitate oritur. At si aqua sistatur tantum, velocitas pressioni tribuenda est.

Flumina suum alveum sibi cavant. Si fundus sit admodum declivis, aqua maximam acqui-

acquirit velocitatem; quare partes fundi elatiores abripere & complanare debet easque in loca humiliora transferre, atque ita fundum ad situm horizontalem redigere. Quo major erit aquæ velocitas, eo profundiorem alveum sibi excavabit. Ubi aqua alveum horizontalem sibi effecit, ipsa quoque motu horizontali fluere incipit, ac proinde in ipsum alvei fundum vim minorem exercet, donec tandem illius vis resistentiæ fundi æqualis fiat. Tunc autem fundus saltem per longum tempus in statu manente perseverat; illud vero tempus longius est vel brevius pro qualitate soli: nam E. G. argilla & creta diutius resistunt quam arena & limus.

Præterea aqua alvei sui littora perpetuo corrodit, idque facit eo majori vel minori vi quo magis vel minus ad directionem perpendicularem percussio accedit. Hoc perpetuo conatu alvei crepidines, quantum fieri potest, fluentis aquæ directioni redduntur parallelæ. Itaque minus tortuosus fit aquæ cursus, alveus latior evadit, ac proinde aliquid profunditatis ideoque etiam aliquid pressionis flumen amittit; id autem tandiu fieri pergit, donec inter vim aquæ littorumque resistentiam detur æquilibrium; quod quidem æquilibrium tandem fieri demonstrat experientia; cum fluminum profunditatem & latitudinem ultra certos limites crescere non observetur. Aliquando tamen contrarium succedere potest; flumina quorum aquæ sunt crassiores & limosæ, in ipso alvei fundo materias heterogeneas deponunt, ideoque minor fit alvei profunditas. Littora etiam continua talis materiæ depositione ad se invicem possunt accedere; imo fieri potest ut materiæ illæ extra profluentis amnis directionem longius excurrentes, & idcir-

circo tardiori motu agitatæ, tandem quiescant omnino novamque ripam constituant. Porro illi diversi effectus fere semper concurrere & pro varietate locorum diversimode inter se conjungi videntur; hinc difficillimum est de his effectibus judicium, qui tamen effectus probe cogniti esse debent, antequam aliquod tentetur opus quod in fluminis statu mutationem aliquam afferre possit; præsertim si alio deducendus sit fluminis cursus.

Flumen minus in eodem communi alveo cum flumine majore aquas miscere potest sine ullo latitudinis vel profunditatis incremento. Hujus paradoxi ratio est quod fluminis minoris accessio majoris fluminis aquas prope littora quiescentes agitet, profluentis amnis velocitatem augeat in ratione quantitatis aquæ auctæ. Ita ramus fluminis quod *Padus* dicitur prope Venetias licet auctus ramo *Ferrariensi* & alio etiam flumine quod vocatur *Panarus*, nullam tamen in suis dimensionibus mutationem ostendit. Si flumen aliquod in aliud influat vel perpendiculariter vel secundum quamlibet directionem, pristinam directionem sensim amittit & in novo alveo permixtis aquis flumen utrumque confluit. Hæc autem conjuncta flumina velocius decurrunt; tum ob diminutam littorum resistentiam, tum ob majorem currentis aquæ a littoribus distantiam; aqua enim velocius atque facilius fluit ob majorem aquæ quantitatem, quæ, aucta velocitate, alveum cavare debet atque ad tantam profunditatem ut alvei crepidines ad se accedant. Hinc persæpe fit ut conjuncta flumina minus spatium in telluris superficie occupent quam ante. Mediam sive communem fluminum confluentium directionem invenire problema est difficillimum. Hoc unum

ob-

observare satis erit communem directionem magis accedere ad directionem fluminis quod majori pollet aquarum impetu, ac proinde posita in utroque flumine virium æqualitate directio communis in medio jacebit loco. Cætera vero quæ hac de re tradidit D. Pitot in monumentis Parisiensibus anno 1738. ad severitatem geometricam non videntur omnino composita.

Ex his omnibus colligitur in fluminum exundatione duo vel maxime adhibenda esse remedia; flumen nempe, contracto alveo, facilius continetur; crescente enim in hoc casu velocitate, flumen alveum profundiorem sibi effodit. Eadem ratione præcaventur aliquando fluminum exundationes, conjunctis fluminibus, non autem divisis, quæ quidem aquarum divisio non sine gravissimo damno aliquando facta videtur. Si autem in aliquo casu minui oporteat aquæ velocitatem, id parum feliciter præstant extructi pontes, opposita repagula aliaque id genus impedimenta; aqua enim in hæc obstacula incurrens attollitur & sua mole velocitatem aquæ intra pilas fluentis non parum auget.

Si flumen intumescit augetur illius velocitas donec tandem exundet; sed exundante flumine decrescit velocitas, eam procul dubio ob causam quod alveus augeatur magis quam pro quantitate aquæ; atque hæc videtur ratio cur exundatio versus fluminis fauces minor observetur, ob majorem in hoc loco aquarum velocitatem. Quod autem spectat aquarum velocitatem versus fluminis ostium; prætermittendum non est mediam alvei aquam aliquando depressiorem esse quam versus fluminis littora; cum enim aqua littori proxima minori velocitate moveatur, hæc refluente

te mari magis reprimitur. Ex hac velocitatum differentia inter mediam alvei aquam & eam quæ littori proxima eſt, intelligere licet cur aqua in medio fluminis ſæpe intumeſcat maris impedimento non retardata, ob majorem aquarum in loco medio quam verſus ripas velocitatem. Hæc generatim dicta ſint de fluminum curſu; cæterum doctrinam geometricam turbant plurimum locorum circumſtantiæ, nec multum fidendum eſt audacioribus viris qui locorum imperiti in periculoſiſſimo aquarum negotio remedia proponere audent felicemque exitum polliceri.

CAPITULUM II.

De fluidis Elaſticis.

In capite præcedenti fluidorum doctrinam generatim conſideravimus, ſepoſita omnino illorum elaſticitate. Recta docendi methodus poſtulat ut de elaſticitate aliquid primum dicamus, deinde aeris proprietates expendamus, atque tandem præcipua phœnomena quæ ex aeris elaſticitate pendent, diſtincte explicemus. Itaque tres erunt hujus capitis articuli. 1. Elaſticitatem generatim conſiderabimus. 2. Aeris noſtri qui eximia elaſticitate præditus eſt, proprietates demonſtrabimus. 3. Tandem pulcherrimam atque jucundiſſimam ſoni doctrinam quæ cum aeris elaſticitate conjuncta eſt, explicabimus.

ARTICULUS I.

De Elasticitate.

I. VIm elasticam variosque elasticitatis gradus jam definivimus in Physica generali; at de elasticitatis causa plures sunt Physicorum opiniones quarum aliquæ falsæ demonstrantur, nulla autem vera ostenditur. Cartesiani rem ita explicant; dum comprimitur vel tenditur corpus aliquodj elasticum & in modum arcus flectitur, a se invicem recedunt particulæ in superficie convexa & ad se invicem accedunt in superficie concava. Hinc in parte concava angustiores fiunt pori, & ex rotundis V. G. ovales fiunt. His autem positis fieri ajunt ut materia subtilis ex angustioribus poris in quibus compressa latet, elabi conetur, atque hoc conatu corpus ad pristinum statum compellat.

Recentiores Cartesiani quorum agmen ducit celeberrimus Malebranchius, elasticitatis causam tribuunt minimis subtilissimæ materiæ vorticulis quibus corpora omnia plena esse fingunt. Itaque compressi vorticuli figuram sphæricam in ovalem mutant, crescit vis illorum centrifuga qua tandem in pristinum statum compressas corporum partes restituunt. Alii autem Physici materiæ subtili vel ætheræ primitivam elasticitatem affingunt.

Nemo non videt hypotheses illas vagas omnino esse nullamque genuinam elasticitatis notionem nobis ingerere. Et quidem si pori ex parte convexa fiant ampliores, jam materia subtilis quæ formam quamlibet induere potest, eosdem poros statim facilius occupabit, ac proinde corpus in statu compressio-

nis

nis manebit. Præterea liberalius Cartesianis concedamus vi materiæ subtilis corpora compressa ad pristinum statum redire, qua ratione explicabunt reciprocos illos tremulosque motus quibus corpora elastica eunt & redeunt per aliquod tempus? Nullus alius intelligi potest fluidi Cartesiani effectus nisi ut corpus pristinæ figuræ restituat. Quod spectat Malebranchii vorticulos, tale figmentum haud firmiori nititur fundamento quam magnorum vorticum hypothesis jam antea profligata. Præterea si vorticuli illi per intimas corporum omnium cellulas sint disseminati, corpora omnia debent esse elastica. Tandem si materia subtilis velætherea ingenitam habeat seu primitivam elasticitatem, rursus interrogari poterunt talis hypotheseos auctores quænam sit hujus elasticitatis causa, & nil quidquam se profecisse fateri cogentur.

II. Elasticitatis causam ex attractione probabilius repetunt Newtoniani. Si corpus aliquod percutiatur vel comprimatur ita ut moleculæ e locis suis dimoveantur, non tamen ultra attractionis limites excurrant, cessante vi extrinseca, mutua attractione ad pristinum statum redire debent moleculæ. Si autem Newtonianos quis interrogaverit cur attractio mutua in certis dumtaxat corporibus elasticitatem producat, id fieri reponent ob diversam molecularum naturam variumque illarum ordinem, ac proinde & variam attractionem. Hinc si corpus fuerit compositum ex moleculis heterogeneis quæ diversam habeant figuram, diversaque polleant vi attractiva, exclusis e tota corporis massa certis particulis aliisve substitutis, jam alia diversæ naturæ orietur massa. Ita si lamella calybea liquefiat, hoc est, si in datam calybis massam & inter varias il-

lius moleculas aliud moleculurum systema intrudatur ex ignis aerisque particulis compositum, debilior fiet atque etiam omnino evanescere poterit vis elastica. Quanquam hæc explicatio universali attractionis lege innixa videatur, eam tamen nimis vagam esse & ad clare explicandos elasticitatis effectus superfluam ingenue fatemur. Id ergo studiosis adolescentibus assidue inculcandum, ut de ignotis effectuum causis dubitare discant; præcipites enim opiniones & effectuum explicationes non satis determinatæ Physices progressum maxime retardant.

III. His de elasticitate generatim explicatis, jam de fluidis elasticis pauca adjungemus. Fluidorum elasticitatem ut explicaret Newtonus, posuit singulas fluidi elastici particulas pollere vi centrifuga qua se mutuo fugiunt aut repellunt. Sed quidquid sit, certissimum est elasticitatem, si effectus tantum consideremus, reduci posse ad actionem vis centrifugæ qua fluidi particulæ sese mutuo repellunt; etiamsi talem vim centrifugam existere certum non esset. Fluidorum elasticorum pressionem dumtaxat considerabimus, illorum enim motum accurate explicare res est difficilior & ad explicandas aeris proprietates nullius fere utilitatis.

Fingatur virga elastica AB (Fig. 3.) plano immoto DN, affixa, & vi qualibet aut pondere A, comprimatur, ita ut redigatur in spatium aB, evidens est vires punctorum B, a, æquales esse, nempe puncti B, secundum BC, & puncti a, secundum directionem contrariam aA. Quare vis in B, secundum BC, æqualis est pressioni ponderis A, nempe planum in B, comprimitur non secus ac si pondus A, puncto B, incumberet. Jam removea-

tur

tur planum DN, ſubſtituaturque virga altera elaſtica BC, priori æqualis & ſimilis atque plano immoto, dn, affixa, evidens etiam eſt vim puncti C, verſus planum, dn, æqualem eſſe vi puncti, b, ſecundum directionem, ba, vel quod idem eſt vi puncti, b, ſecundum directionem bC, quæ quidem vis æqualis eſt vi puncti A ſecundum directionem AA; hæc autem poſterior vis æqualis eſt preſſioni ponderis A, quæ in primo caſu æqualis erat vi puncti A, unica exiſtente virga elaſtica; quare ex his omnibus æqualitatibus patet punctum C, comprimi vi æquali ponderi A, atque eſſe Cb = ba = BA. Igitur generatim quicumque ſit numerus elaſtrorum, ſi eadem vi comprimantur, preſſio quam elaſtra exercent in planum immotum, æqualis eſt preſſioni quam potentia comprimens in idem planum immediate exerceret, eritque ſpatium in quod elaſtra illa reducuntur, ad ſpatium in quod eadem potentia redigitur elaſtrum unicum, ut eſt elaſtrorum numerus ad unitatem.

Jam intelligantur elaſtra duo AB, BC; plano immoto DN, affixa; primum elaſtrum comprimatur ut ante pondere A, alterum vero elaſtrum comprimatur in B, vi altera quæ ponderi A, æquivaleat, vel alteri cuilibet potentiæ, punctum C, premetur vi æquali ponderibus A, B, ſimul ſumptis, elaſtrum AB, premetur vi Bb, & elaſtrum BC, redigetur in ſpatium bC. minus quam Ab. Nam vis puncti C, in planum, vel quod idem eſt, vis puncti b, ſecundum directionem bA, æqualis eſt actioni potentiæ B, prementi in b, & actioni puncti A, ſecundum AA; nempe potentiæ A. Ergo punctum b, vel C, comprimitur vi A + B, & punctum A, vi A. Quare generatim quicumque ſit elaſtrorum nume-

rus, quæ elaſtra ponderibus vel potentiis quibuſcumque premantur, elaſtra illa omnia in obſtaculum immotum preſſionem exercent quæ ſemper æqualis eſt potentiarum vel ponderum ſummæ. Jam ponderum & elaſtrorum pars quælibet deſtrui vel removeri fingatur, atque reſidui ſuperioris ponderis loco ſubſtitutum intelligatur obſtaculum immobile, evidens eſt eandem manere preſſionem puncti C, cum elaſtrorum ſtatus & compreſſio nequaquam mutentur.

Hæc principia ſane evidentiſſima ad fluidorum preſſionem facile transferuntur. Si vas aliquod contineat fluidum elaſticum cujus partes ſingulæ urgeantur vi quacumque acceleratrice, & vires ſingulæ vaſis fundum comprimant, fundus vaſis, cæteris paribus, eodem modo premetur ac ſi fluidum in eodem manens ſtatu, vi elaſtica ſtatim deſtituatur; atque ad vas illud ſuſtinendum eadem neceſſaria erit potentia quæ ad ſuſtinendum fluidum non elaſticum requiritur, nempe requiritur potentia æqualis ponderi fluidi. Jam ponatur vas aliquod figuræ cujuſcumque fluido gravi & homogeneo plenum, atque fluidum ſola gravitatione partium ſuperiorum in inferiores ſtatim comprimatur & ad minus ſpatium redigatur, ex demonſtratis evidens eſt particulas eo magis compreſſas eſſe magiſque denſas quo magis ſunt fundo proximæ. Præterea etiam manifeſtum eſt denſitatem in ſuprema fluidi ſuperficie, ante & poſt compreſſionem, manere eandem; cum ſuperficiei partes pondere dumtaxat infinite parvo comprimantur. At ſi compreſſio fluidi non ſolum ipſius fluidi pondere, ſed vi alia qualibet etiam producatur, in hoc caſu ad determinandam fundi preſſionem, habenda quoque eſt ratio hujus alterius vis; poſito-

ſitoque vaſe cylindrico, preſſio in fundum æqualis foret ponderi fluidi & vi alteri additæ, ut patet; quod quidem probe notandum eſt; hujus enim doctrinæ uſus recurret in proximo articulo.

ARTICULUS II.

De aere illiuſque proprietatibus.

I. AER eſt fluidum illud telluri noſtræ circumfuſum, in quo vivimus & movemur. Tota hujus aeris moles *atmoſphera* dicitur. Aerem inter elementa recenſebant aliqui veteres Philoſophi; ſed aeris nomine intelligebant fluidum homogeneum, elaſticum, quod vulgaris aeris veluti baſis eſt. Et quidem aer noſtræ atmoſphæræ terreſtrium omnium corporum maxime heterogeneus impuruſque videtur; nam quidquid e terræ gremio jugiter exſpirat, quidquid e corporibus putreſcentibus evolat, quidquid vaporis ſubtiliſſimi ab aquis erumpit, id totum aer in ſe complectitur. In aere igitur continentur vapores, exhalationes omnium generum, ſales *volatiles* dicti, particulæ ſulphureæ, bituminoſæ, oleoſæ, & aliæ innumeræ, ac proinde aer omnium corporum particulis fædatus eſt; ſed notandum eſt tales particulas haud quidem æqualiter per atmoſphæram eſſe diſperſas. Si terra ſit vel paludoſa, vel corporibus putridis noxiiſque gravida, jam aer incumbens ejuſdem conditionis effluvia admittet. Hinc ex ipſa terræ natura pendet aliqua ex parte aeris temperies. Præterea etiam venti regulares nonnulli varias poſſunt abigere vel etiam avehere aeris particulas, atque ita variis modis aerem vel repurgare vel inficere. Hæc autem breviter

observata sint, ex quibus intelligitur exiguam omnino esse aeris *elementaris* & proprie dicti portionem, si conferatur cum cæteris corpusculis magna copia per aerem dispersis. Nec minus patet per solam aeris perniciosam qualitatem explicari posse morborum quorumdam contagium, sive morbi illi ex aere *immediate*, sive ex ægrotorum vicinia contrahantur. Quare fictitia omnino sunt mortifera, ut dicunt, animalcula, quæ, grassante contagio, per atmosphæram volitare comminiscuntur aliqui.

CONCLUSIO.

AER GRAVIS EST ET ELASTICUS.

Prob. I. Pars. Ipsum aeris pondus ad examen revocarunt veteres Philosophi. Globum intus cavum ad stateram expendebant; deinde aerem in eodem globo valide comprimebant, iterumque globi pondus accurate explorabant; aliquam deprehenderunt ponderis differentiam inter aerem nostrum vulgarem & aerem densissimum. Sed experimentum illud accuratius fuit iteratum post inventam machinam cujus ope aer e vasis educitur. Machina illa quæ *pneumatica* appellatur ab Otthone de Guerik Magdeburgensi consule primum excogitata, a Boylio postea fuit perfecta, atque tandem a recentioribus Physicis ad majorem perfectionis & facilitatis gradum perducta. Quamvis tota hujus machinæ structura totumque artificium oculis facilius quam explicatione ulla usurpentur, quia tamen explicandæ aeris proprietates gravitas, & elasticitas institutis in hac machina experimentis maxime demonstrantur, præcipuas illius partes, quantum verbis fieri potest, vobis exhibere utilissimum erit.

erit. In hac machina considerari primum debet antlia metallica eximie perpolita cujus cavitatem ingreditur cylindrus quem *embolum* appellant; ille autem cylindrus internæ superficiei antliæ arcte apprimitur ita ut nihil aeris in antliam irrepere possit; fundo antliæ aptata est valvula eo artificio comparata ut aeri egressum permittat, regressum vero prohibeat. E latere antliæ inseritur canaliculus metallicus cujus extremitas superior cum tabula lignea horizontali firmiter cohæret. Ille autem canaliculus hiat in campanam vitream tabulæ horizontali arcte agglutinatam. Eidem canaliculo aptata est machinula quam *epistomium* vocant, cujus ope aeri in campanam vitream transitus conceditur vel negatur.

Rebus ita comparatis, in antliam metallicam truditur embolus, quod fieri solet vi rotæ dentibus instructæ, aer compressus exitum quærit & revera, permisso transitu per valvulam, exit. Contrario rotæ motu embolus attollitur, aer e campana vitrea per canaliculum descendit & transit in antliam, demisso iterum embolo aer comprimitur atque excluditur, ac tandem repetitis emboli alternis agitationibus campana vitrea omni fere aere vacua manet.

Aeris gravitatem non sine acutissimo doloris sensu experietur qui machinæ pneumaticæ canaliculum digito occludere tentaverit, educto enim ex cavitate canaliculi aere, digitus toto atmosphæræ pondere foramini arcte apprimetur. Si campana vitrea superficiem planam aliqua ex parte habuerit, facto vacuo, in minutissima frustula dissilit fracta externi aeris pondere. Nemo vestrum non vidit tubos vitreos qui a primo auctore Torricellio dicuntur *Torricelliani*. Adhibeatur tubus vitreus

ex una parte accurate clausus atque mercurio impleatur, & deinde ex altero foramine aperto in vase mercurium continente perpendiculariter invertatur, mercurius in tubo ad altitudinem 27 aut 28 pollicum circiter suspensus manebit. Hujus experimenti ratio ex præcedentibus intelligitur; etenim mercurius stagnans in vase subjecto atmosphæræ incumbentis pondere premitur, ac proinde eadem vi mercurius in tubo suspenditur. Et requidem ipsa si tubus Torricellianus cui deinde factum est *Barometri* nomen, in campana pneumatica includatur, extracto aere, descendet mercurius, restituto autem aere ascendet rursus.

Ex aeris gravitate intelligitur etiam ascensus aquæ per antlias quas *tractorias* appellant. At cum gravitas specifica mercurii sit ad gravitatem specificam aquæ ut 14 ad 1 circiter, patet cur aqua ad 32 pedes per antlias ascendere soleat, nempe ad altitudinem mercurii altitudine quatuor decies majorem. Alia sunt innumera & quidem præclarissima experimenta, sed omnia referre non vacat; in objectionibus refellendis nonnulla alia explicabimus.

Prob. II. Pars. Elasticitati & gravitati aeris communia fere sunt argumenta omnia. Ex aeris elasticitate pendet machinæ pneumaticæ structura; etenim vi elastica aer in campana vitrea contentus transit in antliam. Observandum autem est vim elasticam aeris a corporum solidorum elasticitate longe differre; & quidem si vesica flacida in campana pneumatica includatur & aer deinde hauriatur, vi aeris interni vesica intumescet & turgida expandetur. Itaque aer non compressus vi sua elastica dilatatur majusque spatium occupat, quod non faciunt corpora solida elastica quæ, cessante compressione, pristinam tantum recu-

pe-

perant figuram. Jam vero cum elasticitas & gravitas communi probatione demonstrentur, non est cur hac in re diutius immoremur, satius erit elasticitatis & gravitatis effectus expendere eosque a se invicem accurate discernere.

Evidens est aeris pondus illiusque pressionem ex aeris elasticitate nequaquam pendere; idem enim maneret aeris pondus, quod materiæ quantitati proportionale est; etiamsi omni careret elasticitate. At cum aer sit elasticus, hinc colligitur eum posse comprimi, in minus spatium redigi ita ut elasticitas quæ ponderi comprimenti resistit, eidem ponderi, cæteris paribus, sit proportionalis. Et quidem reactio actioni æqualis est. & contraria, ac proinde gravitas aeris quæ pressionem producit, & elasticitas aeris quæ pressioni resistit seu ad dilatationem tendit, æquales esse debent. Quæ cum ita sint, si aer in vase claudatur ita ut nullum cum aere externo habeat commercium, eadem manebit hujus aeris pressio & atmosphæræ ponderi æquivalebit; atque hæc est ratio cur mercurius in Barometro ad eandem altitudinem subsistat sive in aere aperto sive in cubiculo clauso, vi nempe elastica aeris. Itaque diligenter observandum est pressionem quam fluida elastica exercent, non ad fluidorum pondus velut ad causam *immediatam*, sed ad vim elasticam proprie esse referendam. Quod ergo mercurius in Barometro suspensus maneat, tribuendum non est aeris ponderi, nisi quatenus pondus illud ipsa est pressionis causa. Et quidem, eodem licet manente aeris pondere, si aliqua de causa minuatur vel augeatur pressio ac proinde & vis elastica, mercurius in Barometro descendere vel ascendere observatur. Et requidem ipsa

aeris pondus non esse solam pressionis causam certum omnino videtur ; aeris elasticitatem maxime turbant varii generis corpuscula atmosphæræ innatantia , aliæque causæ plurimæ quas deinde , data vel etiam quæsita occasione , explicabimus . Cæterum ex his omnibus sic tandem concluditur . Aeri tribuendæ sunt proprietates illæ quas experimenta communi probatione demonstrant, atqui &c. Ergo.

Objic. adversus I. partem. Si descripta experimenta aeris gravitatem demonstrent, jam totius atmosphæræ pondus facile æstimare licebit. Etenim cum tantum sit aeris pondus ut aquam in antliis tractoriis ad 32 pedum altitudinem suspendere valeat, considerari poterit atmosphæræ pressio in universum globum terraqueum, non secus ac si tellus vasto aquarum oceano ad 32 pedum profunditatem immersa esset. Porro pes cubicus aquæ libris 64 æquivalet, ac proinde pedes cubici 32 æquantur libris 2048; at telluris superficies continet pedes quadratos circiter 5547800000000000 ; hic autem ingens numerus per 2048 multiplicatus efficiet pondus librarum quo aer tellurem nostram comprimet. Ecquis autem sibi facile persuadebit tantæ pressioni sustinendæ parem esse globum terraqueum ? Quis crediderit homines pro sua parte enorme pondus humeris sustinere posse ; si enim ponamus corporis humani superficiem esse pedum quadratorum 15, quæ quidem superficies homini mediocris staturæ circiter convenit, simili inito calculo corporibus nostris incumberet pondus librarum 33600. His positis sic concluditur : aeri tribuenda non est proprietas illa cujus effectus fidem omnem superat, atqui &c. Ergo ... Resp. N. Min. Hæc objectio facile

facile evanescit, si aliam fluidorum proprietatem in memoriam revocemus, æqualem scilicet undequaque pressionem. Itaque aer secundum quamlibet directionem corpora omnia ex omni parte premit æqualiter; atque ob æqualem illam pressionem fit ut corpora nullam figuræ mutationem, nullum detrimentum inde patiantur. Et requidem ipsa, si aliquo in loco minuatur pressio, statim sentietur pressionis inæqualitas, atque hinc pendet *cucurbitarum* usus. Etenim humanæ cutis pars illa quæ sub cucurbita continetur, nullo fere aere premitur; eductus enim fuit aer. Quare aeris externi pondere comprimuntur humani corporis humores atque versus partem illam quæ sub cucurbita latet, impelluntur; hic fit ut pellis vasaque omnia hoc in loco turgida intumescant.

Hic autem prætermittendum non est præsens divinæ providentiæ argumentum; tanta aeris pressione continentur arteriales plantarum atque animalium canales, qui circulationis impetu frangi vel distendi facile possent. Hac eadem vi fluida in corporibus animalium cohibentur nimiaque transpiratio coercetur. Hoc incommodum experiuntur viatores qui altissimos montes conscendunt, quo proximiores sunt monti verticis, eo debiliores sese sentiunt, atque persæpe *hemophtysim* & *hemorragiam* patiuntur; aer nempe pulmonum vasa non satis comprimit. Notissimum est experimentum quo animalibus in campana pneumatica inclusis aer adimitur; illa enim animalia intumescunt totoque corpore sudant, ore aliisque corporis partibus fæces egerunt.

Observationibus barometricis compertum est maximam altitudinis mercurii in tubo differentiam non excedere pollices tres. Itaque

ma-

maxima pressionis aeris in corpus nostrum differentia non excedit pondus cylindri mercurii cujus altitudo est pollicum trium, basis autem superficiei corporis nostri æqualis est; facta autem quæ facilis omnino est computatione, pressionis differentia invenitur librarum circiter 4000. Cum autem tanta sit diversis temporibus atque etiam brevissimo tempore pressionis differentia, mirum non est quod tam repentina aeris mutatione sæpe afficiatur atque turbetur corporis nostri machina. Et requidem ipsa, tanta ponderis accessione contrahi deberent corporis nostri canales ita ut sanguis veluti stagnans in iis quiesceret & circulationis motus sisteretur, nisi frequentissimo huic incommodo divina machinæ nostræ structura paratum fuisset remedium. Et quidem si augeatur aeris pondus, pulmonum *lobi* majori vi dilatantur, ac proinde magis attenuantur sanguinis particulæ, ita ut faciliores succedant secretiones, ideoque & succi nervei major copia accedat cujus actio contractionem cordis vi majori producit. Sed hæc breviter observata sint, de motibus animalium nonnulla in Physices progressu suo loco exponemus.

Inst. Cum aer vaporibus, exhalationibus magnaque particularum heterogenearum copia sit infectus, suspicio oriri posset atmosphæræ pondus non puriori aeri sed aliis corporibus esse tribuendum: quibus positis sic argumentari licet. Aeris gravitatem non demonstrant experimenta illa quæ in aere purissimo & ab heterogeneis corpusculis defæcato sumi non possunt, atqui &c. Ergo .... Resp. N. Maj. Aerem crassioribus particulis non fædatum gravem esse facile demonstrant nubes in sublimiori aere suspensæ; intelligi enim neqnaquam

quam poteſt graviores vapores in atmoſphæra fluctuare, niſi cum aere fuerint in æquilibrio conſtitutæ, quo quidem ſublato æquilibrio eas præcipites ruere neceſſum eſt. Præterea hic agimus de aere noſtro, non autem de puriſſimo quodam aere vel æthere de quo nulla licet habere experimenta. Nemo quidem inficiari poteſt vapores & exhalationes aeri pondus addere; neque eſt quod rem ab omnibus conceſſam fuſius demonſtremus, ſatius erit obſervationes quaſdam barometricas quæ ad præſens argumentum pertinent hic exponere.

Quamvis vapores & exhalationes aeris pondus augeant, conſtans tamen fere eſt obſervatio altitudinem mercurii in barometro majorem eſſe cælo ſereno, dum nempe aer purior videtur; contra autem cælo pluvio minor obſervatur mercurii altitudo. Hujus autem phœnomeni plurimæ cauſæ eſſe poſſunt. Et primo quidem certiſſimum eſt ventorum vim atmoſphæræ ponderi in aliqua particulari regione mutationem ſatis magnam afferre poſſe. Ita ſi venti duo ad partes oppoſitas ſpirent, majorem aeris copiam in loco aliquo cogere atque accumulare poſſunt atque ita aerem graviorem reddere. Contra autem venti unius directio verſus locum aliquem atmoſphæram aliqua ex parte ſublevare poteſt & ita illius pondus minuere. Et requidem ipſa ſubtiliſſimo experimento oſtendunt Phyſici ventum etiam arte excitatum aliquam in proximo barometro altitudinis differentiam afferre. Præterea nitroſæ particulæ, exhalationes terreſtres præſertim ſi magna ſiccitate donentur, magis augent atmoſphæræ pondus. Hinc ſi atmoſphæra prædictis cauſis pondus acquirat, vapores cum aere intime permixtos facilius ſuſtinebit, cœlumque ſerenum obſervabitur. At

si caussis oppositis levior fiat atmosphæra, jam vapores haud amplius suspensi proprio pondere in pluviam relabuntur. Hinc reddi potest ratio difficillimi sane phœnomeni quod in mercurii altitudine ut plurimum observatur. Cæterum fatendum est ex barometri observatione de futura cæli temperie certum fieri non posse judicium, sed meras haberi conjecturas quæ nimium credulos sæpe decipiunt.

Objic. adversus II. partem. Plurimis experimentis compertum est aeris elasticitatem minui posse atque etiam tolli omnino ita ut aer nullum elasticitatis indicium præbeat. Clariss. Halesius in *statica vegetabilium* talem esse demonstravit perniciosissimam sulphurearum particularum naturam ut aeris elasticitatem maxime debilitent. Aeris moleculæ in aliis corporibus arctius conclusæ & ab aliis particulis vi majori attractæ nullam exercent vim repulsivam ac proinde & nullam vim elasticam. In aere admittenda non est proprietas illa saltem tamquam universalis quam aer amittere potest, atqui &c. Ergo . . . Resp. N. Maj. Etiamsi aer summam habeat elasticitatem, hanc tamen non semper exercet; si enim aer sit in suo statu naturali vel aliis corporibus intime permixtus, jam nullum præbet elasticitatis signum. Si aeris particulæ vi maxima comprimantur, qualis est aer in corporum omnium cellulis valide conclusus; nullum in eo statu deprehenditur elasticitatis vestigium. At si aer ex illis corporum carceribus liberatur, eximiam elasticitatem ostendit. Ita si in campana vitrea claudatur ampulla fluido aliquo plena, educto aere statim magna copia erumpere & per totam fluidi massam dispersæ observantur

mi-

minimæ aeris particulæ. Porro ut elasticitas dicatur aeris proprietas, minime necessum est aerem in statu quolibet vim elasticam exercere, non secus ac corpora solida quæ elasticitate pollent, recte dicuntur *elastica* quamvis in statu compressionis tantum elasticitatem manifestent. Halitus sulphurei aliique etiam plurimi, aeris elasticitatem debilitant & fere totam extinguunt; sed experimenta illa conclusioni nostræ minime repugnant; satius erit aliquas elasticitatis mutationes exponere.

Aeris elasticitas condensatione & rarefactione maxime augeri potest; si aer in sclopeto pneumatico vi maxima comprimatur, & deinde liber dimittatur, globulos plumbeos pulveris pyrii instar propellit. Aer calore rarefactus vim elasticam mirum in modum auget. Si vesica paululum inflata & accurate clausa igni admoveatur, rarefacto aere intumescit atque tandem disrumpitur. Aerem maxime condensari & rarefieri posse certissimum est, quamvis incertus sit maximus condensationis & rarefactionis gradus. Ex hac aeris proprietate manarunt fontes *artificiales*, aliæque machinæ plurimæ inter quas sua utilitate commendari maxime debent antliæ quæ ad extinguenda incendia adhiberi solent.

Inst. Atmosphæræ elasticitatem ita explicant cultiores Physici. Divisam intelligunt totam atmosphæræ altitudinem in orbes æquales crassitiei indefinite parvæ. Deinde experimentis certissimum ponunt aeris densitatem ponderibus comprimentibus esse proportionalem, ac proinde in quolibet atmosphæræ loco densitas aeris est ut pondus aeris superioris. Jam pondus aeris superioris inferiorem

rem aerem comprimentis dicatur A, pondus aeris qui alium orbem proximum comprimit, dicatur B, & ita deinceps aliæ superiores columnæ dicantur C, D, erit densitas primi orbis inferioris ut $A - B$, proximi orbis densitas ut $B - C$; sunt enim densitates ut pondera comprimentia. Quare erit $A : A - B = B : B - C$, ideoque $A : B = B : C$, ac proinde pondera sunt in progressione continua geometrica. Jam quia orbes singuli ponuntur ejusdem crassitiei, sive ejusdem altitudinis, patet altitudines atmosphæræ, in hac hypothesi, crescere in progressione arithmetica. Itaque pro data qualibet atmosphæræ altitudine facile invenitur aeris rarefactio, & viceversa dato rarefactionis gradu invenitur aeris altitudo huic rarefactioni conveniens. Rem accuratissima observatione illustrabimus. In vertice montis qui gallice dicitur *Puy de Domme* observata fuit barometri altitudo lin. 285, & in horto cœnobii nostri quod monti proximum est, altitudo fuit lin. 324. Itaque numeri duo 285 & 324 exhibere possunt pondera aerem in utroque loco comprimentia; quare aeris densitates sunt ut iidem numeri, rarefactiones autem sunt in eorumdem numerorum ratione reciproca. Jam si rarefactio aeris in cœnobii nostri horto dicatur 1, fiatque proportio $285 : 324 = 1 : \frac{324}{285}$; quartus hic terminus proportionalis exhibebit aeris rarefactionem in montis vertice. Ponamus cum diligentissimis Physicis aerem nostrum decies millies rariorem fieri posse, huncque esse maximum rarefactionis gradum, tres cognitos habebimus in atmosphæra rarefactionis gradus, nempe

1,

1, $\frac{324}{285}$ & 10000. Præterea nota eſt atmoſphæræ altitudo ab horto noſtro uſque ad montis verticem, nempe exapedarum 560; inveſtiganda ergo ſupereſt atmoſphæræ altitudo ad quam aer raritatem habeat decies millies majorem; hæc autem altitudo ex progreſſionum doctrina facile invenitur; duas enim habemus progreſſiones unam geometricam quæ aeris rarefactiones exhibet, alteram arithmeticam quæ atmoſphæræ altitudines repræſentat. Jam vero ex logarithmorum doctrina, ſi quantitates aliquæ fuerint in progreſſione geometrica, erunt illorum logarithmi in progreſſione arithmetica; ſed in progreſſione arithmetica terminus quilibet æqualis eſt primo termino & terminorum differentiæ toties ſumptæ quot ſunt termini datum terminum præcedentes. Quare ſi calculus ad logarithmos reducatur, erunt aeris altitudines datis duabus rarefactionibus convenientes ut differentiæ inter rarefactionum illarum logarithmos & logarithmum rarefactionis primæ; cum logarithmi ſint in progreſſione arithmetica; quare altitudo 560 eſt ad altitudinem quæſitam, x, ut log. $\frac{344}{285}$ — log. 1 ad log. 10000 — log. 1, ſive ut log. $\frac{344}{285}$ ad log. 10000, ob log. 1 = 0; inito autem calculo per vulgares logarithmorum tabulas talis invenitur altitudo atmoſphæræ conveniens rarefactionis termino 10000 ut exapedis circiter 40000 æqualis ſit. En totam Phyſicorum ratiocinationem; ſed quam incerta ſit facile intelligitur. Etenim ſingitur pre-

pressionem ponderibus comprimentibus proportionalem esse ; quod falsum omnino est ; cum enim atmosphæra in ultimo compressionis gradu extensione aliqua ac proinde & pondere non careat, iterum comprimi posset atmosphæra, quod est contra hyp. vel quod non minus absurdum est, in infinitum comprimi ac rarefieri posset, ac proinde illius altitudo foret infinita.

Præterea elasticitas aeris ponderi comprimenti proportionalis ponitur, cujus quidem hypotheseos falsitatem jam demonstravimus ; nam eodem manente pondere, aeris elasticitatem maxime turbant calor, frigus, humiditas, siccitas. His fuse explicatis sic tandem concluditur. Aeris elasticitas variis particulis per atmosphæram sine ulla lege dispersis longe probabilius tribuitur, si experimentis repugnent physicæ aeris elastici leges, atqui &c. Ergo . . . . Resp. D. Maj. Et illa experimentorum varietas demonstrat ad aeris elasticitatem varias causas concurrere, C. Maj. aerem elasticitate destitutum esse ostendit, N. Maj. Quare N. C.

Ad definiendam atmosphæræ altitudinem varias quidem hypotheses fingunt Physici, quæ ad omnes aeris partes transferri non possunt ; sua experimenta habuerunt in data aliqua aeris portione quam ad certos limites comprimi & condensari posse observarunt, atque densitates ponderibus comprimentibus proportionales esse invenerunt. At certissimum videtur aeris compressionem & dilatationem non soli partium ponderi tribuendas esse, sed calori, frigori aliisque causis plurimis. Itaque compertum omnino est aeris rarefactiones in diversis altitudinibus ponderi comprimenti proportionales non esse, ac proinde

inde observationes barometricæ quæ in inferiori atmosphæræ parte sumuntur, ad superiorem aeris regionem traduci non debent. Tandem repugnat omnino hypothesis quæ densitatem ponderibus comprimentibus proportionalem facit; foret enim altitudo atmosphæræ infinita. Hinc factum est ut aliam hypothesim quæsiverint doctissimi viri & aeris densitates ponderi comprimenti atque alteri ponderi *constanti* proportionales fecerint. In hac autem hypothesi vitatur atmosphæræ infinitæ incommodum. Sed quidquid sit de atmosphæræ altitudine quæ quidem ex barometri observationibus nulla ratione definiri posse videtur, certa tamen est & indubitata aeris elasticitas, quæcumque sit illius lex; atque aeris nostri elasticitatem, cæteris paribus, ponderi comprimenti proportionalem esse demonstrant experimenta. In referenda autem objectione prolixiores fuimus ut inveniendæ altitudinis atmosphæræ vulgaris methodus vobis innotesceret.

ARTICULUS III.

De sono & auditu.

I. Circa doctrinam soni tria præcipua nobis consideranda sese offerunt. Vel enim sonus consideratur in corpore sonoro, vel in medio quod soni vehiculum est, nempe in aere; vel tandem in ipso auditus organo, quare tres illas partes soni definitio complecti debet. Recte igitur sonum definiunt Physici particularum corporis resonantis motum tremulum in aeris particulas translatum & ad aures tandem delatum. Singulæ hujus definitionis partes notissimis experimentis demonstran-

observata sint, ex quibus intelligitur exiguam omnino esse aeris *elementaris* & proprie dicti portionem, si conferatur cum cæteris corpusculis magna copia per aerem dispersis. Nec minus patet per solam aeris perniciosam qualitatem explicari posse morborum quorumdam contagium, sive morbi illi ex aere *immediate*, sive ex ægrotorum vicinia contrahantur. Quare fictitia omnino sunt mortifera, ut dicunt, animalcula, quæ, grassante contagio, per atmosphæram volitare comminiscuntur aliqui.

CONCLUSIO.

AER GRAVIS EST ET ELASTICUS.

Prob. I. Pars. Ipsum aeris pondus ad examen revocarunt veteres Philosophi. Globum intus cavum ad stateram expendebant; deinde aerem in eodem globo valide comprimebant, iterumque globi pondus accurate explorabant; aliquam deprehenderunt ponderis differentiam inter aerem nostrum vulgarem & aerem densissimum. Sed experimentum illud accuratius fuit iteratum post inventam machinam cujus ope aer e vasis educitur. Machina illa quæ *pneumatica* appellatur ab Otthone de Guerik Magdeburgensi consule primum excogitata, a Boylio postea fuit perfecta, atque tandem a recentioribus Physicis ad majorem perfectionis & facilitatis gradum perducta. Quamvis tota hujus machinæ structura totumque artificium oculis facilius quam explicatione ulla usurpentur, quia tamen explicandæ aeris proprietates gravitas, & elasticitas institutis in hac machina experimentis maxime demonstrantur, præcipuas illius partes, quantum verbis fieri potest, vobis exhibere utilissimum erit.

erit. In hac machina considerari primum debet antlia metallica eximie perpolita cujus cavitatem ingreditur cylindrus quem *embolum* appellant ; ille autem cylindrus internæ superficiei antliæ arcte apprimitur ita ut nihil aeris in antliam irrepere possit ; fundo antliæ aptata est valvula eo artificio comparata ut aeri egressum permittat, regressum vero prohibeat . E latere antliæ inseritur canaliculus metallicus cujus extremitas superior cum tabula lignea horizontali firmiter cohæret. Ille autem canaliculus hiat in campanam vitream tabulæ horizontali arcte agglutinatam. Eidem canaliculo aptata est machinula quam *epistomium* vocant , cujus ope aeri in campanam vitream transitus conceditur vel negatur.

Rebus ita comparatis , in antliam metallicam truditur embolus, quod fieri solet vi rotæ dentibus instructæ, aer compressus exitum quærit & revera , permisso transitu per valvulam, exit. Contrario rotæ motu embolus attollitur , aer e campana vitrea per canaliculum descendit & transit in antliam, demisso iterum embolo aer comprimitur atque excluditur, ac tandem repetitis emboli alternis agitationibus campana vitrea omni fere aere vacua manet.

Aeris gravitatem non sine acutissimo doloris sensu experietur qui machinæ pneumaticæ canaliculum digito occludere tentaverit , educto enim ex cavitate canaliculi aere , digitus toto atmosphæræ pondere foramini arcte apprimetur. Si campana vitrea superficiem planam aliqua ex parte habuerit , facto vacuo , in minutissima frustula dissilit fracta externi aeris pondere. Nemo vestrum non vidit tubos vitreos qui a primo auctore Torricellio dicuntur *Torricelliani*. Adhibeatur tubus vitreus

ex una parte accurate clausus atque mercurio impleatur, & deinde ex altero foramine aperto in vase mercurium continente perpendiculariter invertatur, mercurius in tubo ad altitudinem 27 aut 28 pollicum circiter suspensus manebit. Hujus experimenti ratio ex præcedentibus intelligitur; etenim mercurius stagnans in vase subjecto atmosphæræ incumbentis pondere premitur, ac proinde eadem vi mercurius in tubo suspenditur. Et requidem ipsa si tubus Torricellianus cui deinde factum est *Barometri* nomen, in campana pneumatica includatur, extracto aere, descendet mercurius, restituto autem aere ascendet rursus.

Ex aeris gravitate intelligitur etiam ascensus aquæ per antlias quas *tractorias* appellant. At cum gravitas specifica mercurii sit ad gravitatem specificam aquæ ut 14 ad 1 circiter, patet cur aqua ad 32 pedes per antlias ascendere soleat, nempe ad altitudinem mercurii altitudine quatuor decies majorem. Alia sunt innumera & quidem præclarissima experimenta, sed omnia referre non vacat; in objectionibus refellendis nonnulla alia explicabimus.

Prob. II. Pars. Elasticitati & gravitati aeris communia fere sunt argumenta omnia. Ex aeris elasticitate pendet machinæ pneumaticæ structura; etenim vi elastica aer in campana vitrea contentus transit in antliam. Observandum autem est vim elasticam aeris a corporum solidorum elasticitate longe differre; & quidem si vesica flacida in campana pneumatica includatur & aer deinde hauriatur, vi aeris interni vesica intumescet & turgida expandetur. Itaque aer non compressus vi sua elastica dilatatur majusque spatium occupat, quod non faciunt corpora solida elastica quæ, cessante compressione, pristinam tantum recu-

pe-

perant figuram. Jam vero cum elaſticitas & gravitas communi probatione demonſtrentur, non eſt cur hac in re diutius immoremur, ſatius erit elaſticitatis & gravitatis effectus expendere eoſque a ſe invicem accurate diſcernere.

Evidens eſt aeris pondus illiuſque preſſionem ex aeris elaſticitate nequaquam pendere; idem enim maneret aeris pondus, quod materiæ quantitati proportionale eſt; etiamſi omni careret elaſticitate. At cum aer ſit elaſticus, hinc colligitur eum poſſe comprimi, in minus ſpatium redigi ita ut elaſticitas quæ ponderi comprimenti reſiſtit, eidem ponderi, cæteris paribus, ſit proportionalis. Et quidem reactio actioni æqualis eſt & contraria, ac proinde gravitas aeris quæ preſſionem producit, & elaſticitas aeris quæ preſſioni reſiſtit ſeu ad dilatationem tendit, æquales eſſe debent. Quæ cum ita ſint, ſi aer in vaſe claudatur ita ut nullum cum aere externo habeat commercium, eadem manebit hujus aeris preſſio & atmoſphæræ ponderi æquivalebit; atque hæc eſt ratio cur mercurius in Barometro ad eandem altitudinem ſubſiſtat ſive in aere aperto ſive in cubiculo clauſo, vi nempe elaſtica aeris. Itaque diligenter obſervandum eſt preſſionem quam fluida elaſtica exercent, non ad fluidorum pondus velut ad cauſam *immediatam*, ſed ad vim elaſticam proprie eſſe referendam. Quod ergo mercurius in Barometro ſuſpenſus maneat, tribuendum non eſt aeris ponderi, niſi quatenus pondus illud ipſa eſt preſſionis cauſa. Et quidem, eodem licet manente aeris pondere, ſi aliqua de cauſa minuatur vel augeatur preſſio ac proinde & vis elaſtica, mercurius in Barometro deſcendere vel aſcendere obſervatur. Et requidem ipſa

aeris pondus non esse solam pressionis causam certum omnino videtur ; aeris elasticitatem maxime turbant varii generis corpuscula atmosphæræ innatantia, aliæque causæ plurimæ quas deinde, data vel etiam quæsita occasione, explicabimus. Cæterum ex his omnibus sic tandem concluditur. Aeri tribuendæ sunt proprietates illæ quas experimenta communi probatione demonstrant, atqui &c. Ergo.

Objic. adversus I. partem. Si descripta experimenta aeris gravitatem demonstrent, jam totius atmosphæræ pondus facile æstimare licebit. Etenim cum tantum sit aeris pondus ut aquam in antliis tractoriis ad 32 pedum altitudinem suspendere valeat, considerari poterit atmosphæræ pressio in universum globum terraqueum, non secus ac si tellus vasto aquarum oceano ad 32 pedum profunditatem immersa esset. Porro pes cubicus aquæ libris 64 æquivalet, ac proinde pedes cubici 32 æquantur libris 2048; at telluris superficies continet pedes quadratos circiter 5547800000000000 ; hic autem ingens numerus per 2048 multiplicatus efficiet pondus librarum quo aer tellurem nostram comprimet. Ecquis autem sibi facile persuadebit tantæ pressioni sustinendæ parem esse globum terraqueum ? Quis crediderit homines pro sua parte enorme pondus humeris sustinere posse ; si enim ponamus corporis humani superficiem esse pedum quadratorum 15, quæ quidem superficies homini mediocris staturæ circiter convenit, simili inito calculo corporibus nostris incumberet pondus librarum 33600. His positis sic concluditur : aeri tribuenda non est proprietas illa cujus effectus fidem omnem superat, atqui &c. Ergo ... Resp. N. Min. Hæc objectio

facile evanefcit, fi aliam fluidorum proprietatem in memoriam revocemus, æqualem fcilicet undequaque preffionem. Itaque aer fecundum quamlibet directionem corpora omnia ex omni parte premit æqualiter ; atque ob æqualem illam preffionem fit ut corpora nullam figuræ mutationem, nullum detrimentum inde patiantur. Et requidem ipfa, fi aliquo in loco minuatur preffio, ftatim fentietur preffionis inæqualitas, atque hinc pendet *cucurbitarum* ufus. Etenim humanæ cutis pars illa quæ fub cucurbita continetur, nullo fere aere premitur ; eductus enim fuit aer. Quare aeris externi pondere comprimuntur humani corporis humores atque verfus partem illam quæ fub cucurbita latet, impelluntur ; hic fit ut pellis vafaque omnia hoc in loco turgida intumefcant.

Hic autem prætermittendum non eft præfens divinæ providentiæ argumentum ; tanta aeris preffione continentur arteriales plantarum atque animalium canales qui circulationis impetu frangi vel diftendi facile poffent. Hac eadem vi fluida in corporibus animalium cohibentur nimiaque tranfpiratio coercetur. Hoc incommodum experiuntur viatores qui altiffimos montes confcendunt, quo proximiores funt monti verticis, eo debiliores fefe fentiunt, atque perfæpe *hemophtyfim* & *hemorragiam* patiuntur ; aer nempe pulmonum vafa non fatis comprimit. Notiffimum eft experimentum quo animalibus in campana pneumatica inclufis aer adimitur ; illa enim animalia intumefcunt totoque corpore fudant, ore aliifque corporis partibus fæces egerunt.

Obfervationibus barometricis compertum eft maximam altitudinis mercurii in tubo differentiam non excedere pollices tres. Itaque

ma-

maxima pressionis aeris in corpus nostrum differentia non excedit pondus cylindri mercurii cujus altitudo est pollicum trium, basis autem superficiei corporis nostri æqualis est; facta autem quæ facilis omnino est computatione, pressionis differentia invenitur librarum circiter 4000. Cum autem tanta sit diversis temporibus atque etiam brevissimo tempore pressionis differentia, mirum non est quod tam repentina aeris mutatione sæpe afficiatur atque turbetur corporis nostri machina. Et requidem ipsa, tanta ponderis accessione contrahi deberent corporis nostri canales ita ut sanguis veluti stagnans in iis quiesceret & circulationis motus sisteretur, nisi frequentissimo huic incommodo divina machinæ nostræ structura paratum fuisset remedium. Et quidem si augeatur aeris pondus, pulmonum *lobi* majori vi dilatantur, ac proinde magis attenuantur sanguinis particulæ, ita ut faciliores succedant secretiones, ideoque & succi nervei major copia accedat cujus actio contractionem cordis vi majori producit. Sed hæc breviter observata sint, de motibus animalium nonnulla in Physices progressu suo loco exponemus.

Inst. Cum aer vaporibus, exhalationibus magnaque particularum heterogenearum copia sit infectus, suspicio oriri posset atmosphæræ pondus non puriori aeri sed aliis corporibus esse tribuendum: quibus positis sic argumentari licet. Aeris gravitatem non demonstrant experimenta illa quæ in aere purissimo & ab heterogeneis corpusculis defæcato sumi non possunt, atqui &c. Ergo .... Resp. N. Maj. Aerem crassioribus particulis non fædatum gravem esse facile demonstrant nubes in sublimiori aere suspensæ; intelligi enim nequa-

quam

quam potest graviores vapores in atmosphæra fluctuare, nisi cum aere fuerint in æquilibrio constitutæ, quo quidem sublato æquilibrio eas præcipites ruere necessum est. Præterea hic agimus de aere nostro, non autem de purissimo quodam aere vel æthere de quo nulla licet habere experimenta. Nemo quidem inficiari potest vapores & exhalationes aeri pondus addere; neque est quod rem ab omnibus concessam fusius demonstremus, satius erit observationes quasdam barometricas quæ ad præsens argumentum pertinent hic exponere.

Quamvis vapores & exhalationes aeris pondus augeant, constans tamen fere est observatio altitudinem mercurii in barometro majorem esse cælo sereno, dum nempe aer purior videtur; contra autem cælo pluvio minor observatur mercurii altitudo. Hujus autem phœnomeni plurimæ causæ esse possunt. Et primo quidem certissimum est ventorum vim atmosphæræ ponderi in aliqua particulari regione mutationem satis magnam afferre posse. Ita si venti duo ad partes oppositas spirent, majorem aeris copiam in loco aliquo cogere atque accumulare possunt atque ita aerem graviorem reddere. Contra autem venti unius directio versus locum aliquem atmosphæram aliqua ex parte sublevare potest & ita illius pondus minuere. Et quidem ipsa subtilissimo experimento ostendunt Physici ventum etiam arte excitatum aliquam in proximo barometro altitudinis differentiam afferre. Præterea nitrosæ particulæ, exhalationes terrestres præsertim si magna siccitate donentur, magis augent atmosphæræ pondus. Hinc si atmosphæra prædictis causis pondus acquirat, vapores cum aere intime permixtos facilius sustinebit, cœlumque serenum observabitur. At

si

si caussis oppositis levior fiat atmosphæra, jam vapores haud amplius suspensi proprio pondere in pluviam relabuntur. Hinc reddi potest ratio difficillimi sane phœnomeni quod in mercurii altitudine ut plurimum observatur. Cæterum fatendum est ex barometri observatione de futura cæli temperie certum fieri non posse judicium, sed meras haberi conjecturas quæ nimium credulos sæpe decipiunt.

Objic. adversus II. partem. Plurimis experimentis compertum est aeris elasticitatem minui posse atque etiam tolli omnino ita ut aer nullum elasticitatis indicium præbeat. Clariss. Halesius in *statica vegetabilium* talem esse demonstravit perniciosissimam sulphurearum particularum naturam ut aeris elasticitatem maxime debilitent. Aeris moleculæ in aliis corporibus arctius conclusæ & ab aliis particulis vi majori attractæ nullam exercent vim repulsivam ac proinde & nullam vim elasticam. In aere admittenda non est proprietas illa saltem tamquam universalis quam aer amittere potest, atqui &c. Ergo . . . Resp. N. Maj. Etiamsi aer summam habeat elasticitatem, hanc tamen non semper exercet; si enim aer sit in suo statu naturali vel aliis corporibus intime permixtus, jam nullum præbet elasticitatis signum. Si aeris particulæ vi maxima comprimantur, qualis est aer in corporum omnium cellulis valide conclusus; nullum in eo statu deprehenditur elasticitatis vestigium. At si aer ex illis corporum carceribus liberatur, eximiam elasticitatem ostendit. Ita si in campana vitrea claudatur ampulla fluido aliquo plena, educto aere statim magna copia erumpere & per totam fluidi massam dispersæ observantur

mi-

minimæ aeris particulæ. Porro ut elaſticitas dicatur aeris proprietas, minime neceſſum eſt aerem in ſtatu quolibet vim elaſticam exercere, non ſecus ac corpora ſolida quæ elaſticitate pollent, recte dicuntur *elaſtica* quamvis in ſtatu compreſſionis tantum elaſticitatem manifeſtent. Halitus ſulphurei aliique etiam plurimi, aeris elaſticitatem debilitant & fere totam extinguunt; ſed experimenta illa concluſioni noſtræ minime repugnant; ſatius erit aliquas elaſticitatis mutationes exponere.

Aeris elaſticitas condenſatione & rarefactione maxime augeri poteſt; ſi aer in ſclopeto pneumatico vi maxima comprimatur, & deinde liber dimittatur, globulos plumbeos pulveris pyrii inſtar propellit. Aer calore rarefactus vim elaſticam mirum in modum auget. Si veſica paululum inflata & accurate clauſa igni admoveatur, rarefacto aere intumeſcit atque tandem diſrumpitur. Aerem maxime condenſari & rarefieri poſſe certiſſimum eſt, quamvis incertus ſit maximus condenſationis & rarefactionis gradus. Ex hac aeris proprietate manarunt fontes *artificiales*, aliæque machinæ plurimæ inter quas ſua utilitate commendari maxime debent antliæ quæ ad extinguenda incendia adhiberi ſolent.

Inſt. Atmoſphæræ elaſticitatem ita explicant cultiores Phyſici. Diviſam intelligunt totam atmoſphæræ altitudinem in orbes æquales craſſitiei indefinite parvæ. Deinde experimentis certiſſimum ponunt aeris denſitatem ponderibus comprimentibus eſſe proportionalem, ac proinde in quolibet atmoſphæræ loco denſitas aeris eſt ut pondus aeris ſuperioris. Jam pondus aeris ſuperioris inferiorem

rem aerem comprimentis dicatur A, pondus aeris qui alium orbem proximum comprimit, dicatur B, & ita deinceps aliæ ſuperiores columnæ dicantur C, D, erit denſitas primi orbis inferioris ut A — B, proximi orbis denſitas ut B — C; ſunt enim denſitates ut pondera comprimentia. Quare erit A : A — B = B : B — C, ideoque A : B = B : C, ac proinde pondera ſunt in progreſſione continua geometrica. Jam quia orbes ſinguli ponuntur ejuſdem craſſitiei, ſive ejuſdem altitudinis, patet altitudines atmoſphæræ, in hac hypotheſi, creſcere in progreſſione arithmetica. Itaque pro data qualibet atmoſphæræ altitudine facile invenitur aeris rarefactio, & viceverſa dato rarefactionis gradu invenitur aeris altitudo huic rarefactioni conveniens. Rem accuratiſſima obſervatione illuſtrabimus. In vertice montis qui gallice dicitur *Puy de Domme* obſervata fuit barometri altitudo lin. 285, & in horto cœnobii noſtri quod monti proximum eſt, altitudo fuit lin. 324. Itaque numeri duo 285 & 324 exhibere poſſunt pondera aerem in utroque loco comprimentia; quare aeris denſitates ſunt ut iidem numeri, rarefactiones autem ſunt in eorumdem numerorum ratione reciproca. Jam ſi rarefactio aeris in cœnobii noſtri horto dicatur 1, fiatque proportio 285 : 324 = 1 : $\frac{324}{285}$; quartus hic terminus proportionalis exhibebit aeris rarefactionem in montis vertice. Ponamus cum diligentiſſimis Phyſicis aerem noſtrum decies millies rariorem fieri poſſe, huncque eſſe maximum rarefactionis gradum, tres cognitos habebimus in atmoſphæra rarefactionis gradus, nempe

1,

1, $\frac{324}{285}$ & 10000. Præterea nota est atmosphæræ altitudo ab horto nostro usque ad montis verticem, nempe exapedarum 560; investiganda ergo superest atmosphæræ altitudo ad quam aer raritatem habeat decies millies majorem; hæc autem altitudo ex progressionum doctrina facile invenitur; duas enim habemus progressiones unam geometricam quæ aeris rarefactiones exhibet, alteram arithmeticam quæ atmosphæræ altitudines repræsentat. Jam vero ex logarithmorum doctrina, si quantitates aliquæ fuerint in progressione geometrica, erunt illorum logarithmi in progressione arithmetica; sed in progressione arithmetica terminus quilibet æqualis est primo termino & terminorum differentiæ toties sumptæ quot sunt termini datum terminum præcedentes. Quare si calculus ad logarithmos reducatur, erunt aeris altitudines datis duabus rarefactionibus convenientes ut differentiæ inter rarefactionum illarum logarithmos & logarithmum rarefactionis primæ; cum logarithmi sint in progressione arithmetica; quare altitudo 560 est ad altitudinem quæsitam, x, ut log. $\frac{344}{285}$ — log. 1 ad log. 10000 — log. 1, sive ut log. $\frac{344}{285}$ ad log. 10000, ob log. 1 = 0; inito autem calculo per vulgares logarithmorum tabulas talis invenitur altitudo atmosphæræ conveniens rarefactionis termino 10000 ut exapedis circiter 40000 æqualis sit. En totam Physicorum ratiocinationem; sed quam incerta sit facile intelligitur. Etenim fingitur pre-

pressionem ponderibus comprimentibus proportionalem esse ; quod falsum omnino est ; cum enim atmosphæra in ultimo compressionis gradu extensione aliqua ac proinde & pondere non careat, iterum comprimi posset atmosphæra, quod est contra hyp. vel quod non minus absurdum est, in infinitum comprimi ac rarefieri posset, ac proinde illius altitudo foret infinita.

Præterea elasticitas aeris ponderi comprimenti proportionalis ponitur, cujus quidem hypotheseos falsitatem jam demonstravimus ; nam eodem manente pondere, aeris elasticitatem maxime turbant calor, frigus, humiditas, siccitas. His fuse explicatis sic tandem concluditur. Aeris elasticitas variis particulis per atmosphæram sine ulla lege dispersis longe probabilius tribuitur, si experimentis repugnent physicæ aeris elastici leges, atqui &c. Ergo . . . . Resp. D. Maj. Et illa experimentorum varietas demonstrat ad aeris elasticitatem varias causas concurrere, C. Maj. aerem elasticitate destitutum esse ostendit, N. Maj. Quare N. C.

Ad definiendam atmosphæræ altitudinem varias quidem hypotheses fingunt Physici, quæ ad omnes aeris partes transferri non possunt ; sua experimenta habuerunt in data aliqua aeris portione quam ad certos limites comprimi & condensari posse observarunt, atque densitates ponderibus comprimentibus proportionales esse invenerunt. At certissimum videtur aeris compressionem & dilatationem non soli partium ponderi tribuendas esse, sed calori, frigori aliisque causis plurimis. Itaque compertum omnino est aeris rarefactiones in diversis altitudinibus ponderi comprimenti proportionales non esse, ac proinde

inde

inde observationes barometricæ quæ in inferiori atmosphæræ parte sumuntur, ad superiorem aeris regionem traduci non debent. Tandem repugnat omnino hypothesis quæ densitatem ponderibus comprimentibus proportionalem facit; foret enim altitudo atmosphæræ infinita. Hinc factum est ut aliam hypothesim quæsiverint doctissimi viri & aeris densitates ponderi comprimenti atque alteri ponderi *constanti* proportionales fecerint. In hac autem hypothesi vitatur atmosphæræ infinitæ incommodum. Sed quidquid sit de atmosphæræ altitudine quæ quidem ex barometri observationibus nulla ratione definiri posse videtur, certa tamen est & indubitata aeris elasticitas, quæcumque sit illius lex; atque aeris nostri elasticitatem, cæteris paribus, ponderi comprimenti proportionalem esse demonstrant experimenta. In referenda autem objectione prolixiores fuimus ut inveniendæ altitudinis atmosphæræ vulgaris methodus vobis innotesceret.

ARTICULUS III.

De sono & auditu.

I. Circa doctrinam soni tria præcipua nobis consideranda sese offerunt. Vel enim sonus consideratur in corpore sonoro, vel in medio quod soni vehiculum est, nempe in aere; vel tandem in ipso auditus organo, quare tres illas partes soni definitio complecti debet. Recte igitur sonum definiunt Physici particularum corporis resonantis motum tremulum in aeris particulas translatum & ad aures tandem delatum. Singulæ hujus definitionis partes notissimis experimentis demonstran-

stran-

ſtrantur. Etenim corpora non reſonant niſi percutiantur, & maxime omnium reſonant corpora dura atque elaſtica quorum partes ictu flectuntur & deinde vi ſua elaſtica reſiliunt, atque ita tremulo ac vibratorio motu agitantur. Particularum corporis reſonantis ſubſultus viſu & tactu percipitur; chartæ fruſtula corpori reſonanti inſidentia ſubſultare oculis cernuntur & admota manu partium fremitus ſentitur. Verum ſi chorda inſtrumenti muſici tenſa non fuerit, licet oſcillationes tota peragat, ſonum non edit, & forcipis focariæ crura digitis conſtricta & deinde dimiſſa, oſcillationes agunt ſine ſono; at ſi oſcillando corpus aliquod durum percutiunt, ſtatim reſonant; ex quibus experimentis colligitur ſonum non ſolo totius corporis motu oſcillatorio, ſed particularum tremore produci. Hic motus aeri contiguo communicatur; contremiſcunt ergo minimæ aeris particulæ ad modum chordæ muſicæ. Et quidem aerem ſoni vehiculum eſſe oſtendunt corpora ſonora in vacuo Boyliano; dum enim educitur aer, ſonum languidiorem reddunt & exhauſto aere nullum qui poſſit audiri. Nec ad motum producendum ſatis eſt quilibet aeris motus; ſi enim magna aeris moles agitetur, ventus quidem excitatur ſed nullus ſonus. Quare neceſſarius eſt vibratorius minimarum particularum motus; hunc vero motum oculis percipere licet, dum inſtrumentorum muſicorum chordæ pulſantur; nam aeri innatantes tenuiſſimi pulviſculi & radio ſolis conſpicui ad chordarum fremitum ſubſultare obſervantur. His neceſſariis ad ſonum producendum conditionibus breviter jam obſervatis, nunc præcipua ſoni phœnomena explicabimus.

II. Ex præcedentibus intelligitur etiam ſoni

ropagatio. Etenim consideremus corpus
uod tremulum quod alternis vicibus eundo
edeundo sonum producat. Hujus corporis
es itu suo propellent aeris partes proxi-
, easdem comprimene & condensabunt,
deinde reditu suo partes compressas rece-
e & sese expandere permittent. Igitur par-
aeris corpori tremulo proximæ ibunt &
ibunt per vices, & quemadmodum propio-
aeris partes eundo condensantur & redeun-
relaxantur, sic etiam partes reliquæ, quo-
s eunt, condensabuntur, & quoties redeunt,
pandentur, ac proinde non omnes ibunt si-
ul & redibunt, sed aliquæ earum ibunt
m aliæ redeunt, atque ita deinceps vicibus
ternis; quod quidem evidens est ex mini-
arum particularum elasticitate. Porro licet
orporis tremuli partes eant & redeant secun-
um plagam certam & determinatam, tamen
otus per aerem propagatus quaquaversum
ilatabitur, ut patet ex natura fluidorum quæ
ressionem suam undequaque exercent. Igitur
corpore sonoro tanquam centro communi
ecundum superficies propemodum sphæricas
& concentricas propagabitur motus. Hujus
ei exemplum aliquod, minus tamen perfe-
ctum, habemus in undis quæ si digito tremu-
lo excitentur, non solum pergent hinc inde
secundum directionem digiti, sed per circulos
concentricos digitum statim cingent & undi-
que divergent. Imperfectum autem nec satis
accuratum esse exemplum illud observabimus;
si enim medium non sit elasticum, jam illius
partes a corporis tremuli partibus compressæ
nequeunt condensari, & motus in instanti pro-
pagabitur ad partes ubi medium facillime ce-
dit, hoc est, ad partes quas corpus tremulum
vacuas a tergo relinquit. Ex his patet pro-
pa-

pagationem ſoni per aerem non fieri in *inſtanti* , ſed determinato tempore opus habet ut per datum ſpatium propellatur. Motus autem ſoni æquabilis obſervatur & neque ab intenſitate ſoni neque ab ejus qualitate pendet. Velocitatem ſoni ad calculum revocarunt doctiſſimi Geometræ, ſed res pendet ex ſublimiori doctrina nec fortaſſe ſatis accurate demonſtrata; quare velocitatem ſoni experimento definire ſatis ſit. Tanta eſt velocitas lucis ut per atmoſphæram in inſtanti *quoad ſenſum* propagetur. Si ſonus, & lux eodem temporis puncto excitentur, uti in machinis bellicis flamma & fragor ſimul producuntur, ſpectator accurate dimetiatur ſpatium quo a corpore reſonante diſtat, tempuſque quod inter luminis & ſoni perceptiones intercedit, ſoni velocitas innoteſcet; atque hoc modo in variis regionibus varia obſervata eſt velocitas ſoni, & in Anglia ea celeritate ſonum propagari Flamſtedio & Halleyo viſum eſt, qua pedes Londinenſes 1142, Pariſienſes vero 1070 tempore minuti unius ſecundi percurreret. Quia vero denſitas & vis elaſtica aeris in variis terrarum locis diverſiſque anni tempeſtatibus in eodem loco mutantur, inde quoque mutari oportet ſoni velocitatem. Diu creditum eſt, obſervantibus Gaſſendo, Merſenno noſtro & Academicis Florentinis, ſonum neque conſpirante vento accelerari, neque adverſo retardari; ſed D. Derham experimentis accuratius inſtitutis falſum id eſſe aſſerit.

III. Quidquid minimas aeris particulas ita commovere valet ut motum tremulum admittant, id ſonum producet. Duo autem potiſſimum conſiderabimus ſonorum genera. Primum eſt eorum qui a corpore tremulo oriuntur, cujuſmodi ſunt chordarum campanarum-

que

que ſoni. Alterum vero ſonorum genus eorum eſt qui inflatis inſtrumentis producuntur; ſic tibiæ, fiſtulæ aliaque id genus inſtrumenta ore inflata tinniunt. Si chorda tenſa pulſatur aut vellicatur, ex quiete ſituque naturali detorquetur, & deinde in ſitum naturalem ſeſe conatur reſtituere, atque in eum revera motu accelerato, ob continuam vis elaſticæ actionem, properat. At cum eo pervenit, celeritatem acquiſitam ſubito non poteſt amittere neque in eo ſtatu quieſcere. Quare eam ultra excurrere neceſſum eſt ſimilique modo redire, atque tandiu perſeverabunt oſcillationes illæ, donec ob aeris reſiſtentiam plane evaneſcant. Harum vibrationum leges accurate demonſtrarunt Geometræ; at cum demonſtratio difficilioribus principiis innixa ſit, formulam exhibere ſatis erit. Si longitudo chordæ muſicæ dicatur L, M, chordæ pondus, vis elaſtica chordæ ſeu quod idem eſt, pondus quo chorda tenditur, dicatur P, erunt numeri vibrationum dato tempore peractarum ut $\frac{\sqrt{P}}{\sqrt{L \times M}}$. Hinc ſi chordarum longitudines L, & maſſæ M, ponantur æquales, erunt numeri vibrationum ut $\sqrt{P}$, hoc eſt, in ratione ſubduplicata ponderum tendentium. Si pondera tendentia P, & longitudines L, æquantur, erunt numeri vibrationum ut $\frac{1}{\sqrt{M}}$, hoc eſt, in ratione ſubduplicata inverſa maſſarum, ac proinde in ratione inverſa diametrorum, ſi chordæ ſint homogeneæ. Si pondera tendentia ſint æqualia, & præterea chordæ ſint homogeneæ & ejuſdem diametri, erunt numeri vibrationum in ratio-

ne inversa longitudinum: nam in hoc casu vibrationum numeri sunt ut $\frac{1}{\sqrt{L \times M}}$; sed eadem manente chordarum homogenearum diametro, massæ, M, sunt ut longitudines L, quare $\frac{1}{\sqrt{L \times M}}$ erit ut $\frac{1}{\sqrt{LL}}$, nempe ut $\frac{1}{L}$. Simili ratione ex hac formula colligi possent innumera alia Theoremata quæ ad chordarum musicarum vibrationes pertinent.

Sub eodem sonorum genere comprehendi diximus campanarum sonos, quod quidem facile patet; pulsatæ enim campanæ contremiscunt & campanarum partes suas vibrationes peragunt; idque etiam facile percipiet qui campanæ motum attentis oculis persequetur; hanc enim ex rotunda ovalem fieri, & modo ad hanc modo ad illam partem oblongari observabit. Difficillimum quidem est ex campanæ forma & pondere numerum oscillationum definire; si tamen campanæ fuerint similes & homogeneæ, facile demonstratur numerum vibrationum esse in ratione subtriplicata, sive ut radices cubicæ ponderum. Etenim pondus tendens ponatur $\frac{M}{L}$, formula præcedens abit in $\frac{\sqrt{M}}{\sqrt{L^2 \times M}} = \frac{1}{L}$. At corpora homogenea similia sunt in ratione triplicata laterum homologorum; ergo cum massa vel pondus sit M, erit L ut $\sqrt[3]{M}$, ac proinde vibrationum numeri erunt ut $\frac{1}{\sqrt[3]{M}}$, hoc est, in ratione sub-

ſubtriplicata reciproca ponderum. Quod autem pondus tendens ponatur $\frac{M}{L}$, ratio facile patet. Etenim ſi chordæ muſicæ pondere aliquo appenſo tendantur, ita ut tamen non rumpantur, chordarum homogenearum vires, ſeu reſiſtentiæ ſunt ut craſſities, ac proinde etjam & pondera tendentia; ſed chordarum craſſities ſunt ut pondera directe & longitudines inverſe (ex elem. Geom.). Ergo pondera tendentia ſunt in ratione ponderum chordarum directa & longitudinum inverſa; quod quidem accuratiſſimis experimentis in chordis metallicis confirmarunt Phyſici; manifeſtum autem eſt hanc ratiocinationem ad metallicas campanarum chordas transferri poſſe.

IV. Sonorum differentia ſecundum *grave* & *acutum* pendet ex vibrationum tarditate & celeritate; ſonum graviorem eſſe dicimus quo pauciores vibrationes eodem tempore peraguntur: contra vero acutiorem quo plures vibrationes eodem tempore abſolvuntur. Si chordæ duæ eundem vibrationum numerum eodem tempore perficiunt, dicuntur *uniſonæ*. Si vibrationum numeri ſint ut 2 ad 1, tunc conſonantia illa vocatur *octava*; ſi fuerint ut 3 ad 2, dicitur *quinta*. Si numeri vibrationum ſint ut 4 ad 3, conſonantia dicitur *quarta*; ſi fuerint ut 5 ad 4, dicitur *tertia major*, & tandem *tertia minor*, ſi numeri vibrationum fuerint ut 6 ad 5, atque ita deinceps. Illæ autem omnes conſonantiæ ad experimentum facile revocantur, mutatis chordarum longitudinibus, ponderibus, & tenſionibus. Probe diſtinguenda eſt ſonorum vehementia & debilitas ab illorum gravitate & acumine. Vehementia ejuſdem ſoni diverſa eſt pro diverſa

auditoris distantia; etenim sonus undequaque in circumferentiam propagatus pro majoribus distantiis in majus spatium diffunditur, ac proinde vehementia soni, cæteris paribus, in duplicata distantiarum ratione decrescere debet, ut statim intelligitur ex iis quæ demonstravimus in Physica generali Præterea cum pulsata chorda, idem pulsus per aerem transmittatur, necesse est motum perpetuo remissiorem fieri, ideoque & sonum debiliorem audiri. At quamvis in chordis vibrantibus major audiatur sub initio soni intensitas quæ sensim languescit atque tandem evanescit, interim tamen oscillationes manent isochronæ, ac proinde sonus eundem retinet *gravitatis* & *acuminis* gradum. Tandem pendet etiam soni intensitas ex vi pulsante; intensior enim exprimitur idem sonus, si majori vi pulsetur chorda; imo si nimis vehemens fuerit pulsatio, ita ut chorda extra situm naturalem longius excurrens ampliores vibrationes peragat, sonus sub initio acutior auditur, deinde autem minus acutus; atque hinc fit ut soni minus jucundi minusque distincti producantur. Itaque ut jucundiores sonos reddat instrumentum musicum, id negligendum non est, ut nempe eadem sit vis pulsans aut saltem non multum diversa, atque etiam ut chordæ in medio vel saltem in locis similibus impellantur; patet enim, mutato pulsationis loco, ipsam quoque vim pulsantem mutari.

V. Ad secundam sonorum speciem referuntur soni instrumentis aere inflatis excitati. Qua ratione autem soni illi producuntur, ex ipsa fistularum structura intelligere est. Nemo non novit fistulas esse tubos seu canales qui altera extremitate junctum habent *peristomium*, aerem ex ore excipiens atque per rimam in

tubum emittens. Id autem omnino fieri debet, ut aer per rimam immiſſus internam tubi ſuperficiem radat leviterque perſtringat, non vero in illius cavitatem & latera irruat. Quamobrem id maxime curant fiſtularum artifices ut tubi latus rimæ oppoſitum exſcindant ne ſit contiguum periſtomio; fiſtulæ extremitatem acuunt ut aer in ipſam aciem irruens ab ipſa quaſi findatur & ita tenuior aeris lamella per tubum prorepat. Ea de cauſa fit ut in tibiis periſtomio deſtitutis, quales ſunt fiſtulæ quæ *tranſverſæ* vocantur, periſtomii figuram os quaſi imitari videatur. His præmiſſis de fiſtularum conſtructione & artificio, ita ſonus excitatur, aer nempe in tubum ore immiſſus, aerem in ipſo tubo jam exiſtentem ſecundum longitudinem comprimit; hinc fit ut ſeſe iterum expandat, rurſus coarctetur, atque hoc modo, durante inflatu, oſcillationes perficiat ſonumque producat. Ipſum quoque tubum motu tremulo agitari opinantur aliqui; at cognitis fiſtularum proprietatibus minime ſatisfacit hæc opinio; conſtat enim fiſtulas cylindricas longitudine æquales, pares omnino ſonos edere, quamvis amplitudine, craſſitie & materia ipſa differant. Qua ratione fieri poſſet ut diverſiſſimi tubi ſimili modo contremiſcerent? Merito igitur duplicem enumeravimus ſonorum ſpeciem. Hæc tamen ſecunda ſpecies aliquo modo cum prima poteſt comparari.

Corpus quod vibrationes peragit eaſque in aerem circumfuſum transfert, eſt aer in tubo contentus cujus quantitas ex tubi longitudine & amplitudine innoteſcit. Vis ad oſcillandum impellens eſt aer in tubi internam ſuperficiem ore immiſſus; at vis qua aer in tubo exiſtens & ex ſtatu naturali deturbatus ſeſe reſtituere

conatur, qua proinde fit ut certum oscillationum numerum dato tempore absolvat, est pondus atmosphæræ, seu vis elastica aeris quæ incumbentis atmosphæræ pressioni æquivalet; quare vis illa ex altitudine mercurii in Barometro æstimari debet. Jam fistulæ ad chordas musicas aliqua ex parte revocari possunt; etenim chorda cum aere in fistula contento potest comparari; ponderis chordam tendentis vices gerit pondus atmosphæræ; hæc enim duo licet prorsus dissimilia videantur eo quod chorda a pondere tendente extendatur, aer vero ab atmosphæra comprimatur, res tamen perinde se habet, si effectum attendamus; idem enim est effectus, sive aeris compressione, sive chordæ extensione oscillationes producantur. Itaque cum aer in fistulæ tubo chordæ musicæ instar suas oscillationes perficiat, ex præcedenti formula comparari poterunt numeri vibrationum dato tempore peractarum. Sit fistulæ longitudo, a, amplitudo bb, gravitas specifica aeris ad gravitatem specificam mercurii in ratione m ad n, altitudo mercurii in Barometro, k; habemus ergo chordam *aeream* longitudinis, a, cujus pondus, mabb; hæc autem tenditur pondere atmosphæræ, hoc est, cylindro mercurii cujus basis est amplitudo tubi, bb, altitudo autem k, quare pondus tendens $=$ nkbb, quibus valoribus in præcedenti formula substitutis, habebitur vibrationum numerus $\sqrt{\frac{nkbb}{a \cdot mabb}} = \sqrt{\frac{nK}{m}}$. Quia vero altitudo, k, diversis tempestatibus parum mutatur, atque eadem fere semper manet ratio m ad n, hinc patet cylindricarum fistularum sonos esse reciproce ut tuborum longitudines, ita ut quo tubi breviores sunt, eo acutiores reddant sonos, & contra, quod qui-

quidem egregie cum experientia consentit; cum fistularum soni neque a tubi amplitudine neque a materia, sed a sola longitudine pendeant; quotidianis enim experimentis norunt Musici quoties instrumenta chordis instructa simul cum pneumaticis in concentu musico adhibent, hæc perquam mutabilia esse illorumque chordas modo intendi, modo remitti debere; observatum tamen etiam est acutiorem reddi fistularum sonum si cælum fuerit maxime serenum cum summo calore conjunctum. Pendet quoque sonorum vehementia ab ipsa vi qua inflantur fistulæ & a ratione quam fistulæ amplitudo ad longitudinem tenet; & quidem fistularum & chordarum similis est ratio, atque chordarum crassities cum fistularum amplitudine comparanda est. Quemadmodum ergo non quævis chorda ad omnes sonos edendos est accommodata, sed ad datum sonum certa quædam crassities requiritur, ita etiam datæ longitudinis fistula, non pro lubitu ampla vel angusta fieri potest, sed certi sunt limites quos si prætergrediaris, nullum prorsus tonum datura est fistula. Neque pro lubitu augeri vel minui potest inflatus vehementia; nam si nimis languide fistula infletur, sonum edet prorsus nullum; at fortius quam par est inflata, non eum quem debet edit sonum sed justo acutiorem. Et quidem si major sit inflatus vehementia, jam ampliores esse intelligitur aeris in tubo contenti oscillationes; at oscillationum amplitudo tubi amplitudine ita determinatur ut certum terminum transgredi non possit; quare si fistula vehementius infletur quam ad istum gradum requiritur, eundem sonum edere non poterit; quod quidem etiam in chordis musicis jam antea observavimus. Quæ autem de

fiſtulis hactenus dicta ſunt, ad eas tantum pertinent quarum tubi formam habent vel priſmaticam vel cylindricam ; quales autem ſonus daturi ſint tubi, ſi fuerint divergentes vel convergentes aut alterius figuræ, problema eſt longe difficilius . Si tamen figuræ fuerint ſimiles, & datus ſit fiſtulæ unius ſonus, inveniri poterit fiſtulæ ſimilis ſonus, non ſecus ac factum eſt in fiſtulis cylindricis.

VI. Ad tubos divergentes referri debent tubi *ſtentorophonici* quorum vis eſt maxima ad vocem articulatam longius propagandam. Optima tubarum vocalium figura illa eſt quæ fit ex converſione parabolæ circa axem, conſtituto tubæ orificio in ipſo parabolæ foco. Hac enim ſtructura fit ut radii ſonori qui angulum reflexionis æqualem efficiunt angulo incidentiæ, ſaltem magna ex parte reflectantur ad axem tubæ paralleli (ex natura parabolæ) . Tubus ellipticus parabolico jungi ſolet ita ut elliptici focus unus coincidat cum foco parabolici, & os loquentis in altero ellipſeos foco conſtituatur; qua ratione fit ut radii ſonori ab ore in tubo elliptico ad focum parabolici, partim directi, partim reflexi dirigantur (ex natura ellipſeos) & deinde in tubo parabolico paralleli progrediantur. Tubis ſtentoreis annumerandæ ſunt omnes tubæ militares aut venatoriæ ; exiguus enim ſibilus quem edit Tubicen, conſtricto aere inter labium & tubæ oram in validiſſimum erumpit ſonum . Accurate autem obſervandum eſt inſtrumenta illa a figura parabolica longe diſcrepare; ſunt enim verſus axem convexa. Itaque incrementum ſoni non pendet ex parallela directione ſoni, ſed, ut ait Nevvtonus, ex motus *reciprocatione*; talis nempe eſt tubæ figura ut ſonus ab uno pariete ad alterum repellatur, &

non-

nonnisi post innumeras reflexiones sive reciprocationes foras emittatur; ac proinde motu novo a recurrentibus aeris particulis impresso maxime augetur.

Ex iisdem principiis pendent sonorum repetitiones sive *Echo*. Si sonus e centro quovis A (Fig. 4.) directe propagatus in obstaculum planum satis magnum BC, incurrat, & ex A, ducatur ad BC perpendicularis AE, producaturque ad H ut sit EH = AE, sonus reflexus eodem fere modo percipietur ac si ex loco H, tanquam centro directe propagaretur, ob angulum reflexionis æqualem angulo incidentiæ. Similiter si sonus a centro quovis propagatus in obstaculum quodlibet impingat a quo ita reflectatur ut post reflexionem radii sonori in centrum aliud convergant, sonus reflexus tanquam ex hoc secundo centro propagatus audietur. Quare si radii sonori satis densi ad aurem appellentes & soni unius sensationem producentes, ab aure in diversa centra convergant, locus ex quo sonus propagatur, non bene distinguetur. At si sonus producatur in loco A, & deinde ab obstaculo quovis BC, reflectatur tanquam ex centro H propagatus, auditor in loco R, sonum directum per AR, propagatum percipiet primum; deinde sonum reflexum quasi ex centro H, procedentem, postquam motu directo spatium AF, & motu reflexo spatium FR, descripsit, audiet; idem igitur sonus audietur bis, modo tamen distantiarum AR, & AFR, differentia tanta sit ut sonus directus & sonus reflexus eodem sensibili momento organum auditus non afficiant; nam si sonus reflexus ad aurem perveniret eo tempore quo soni directi impressio adhuc in ea perseverat, non geminus sed intensior tantum sonus audiretur. Por-

ro experientia constat sonos vix posse distingui, si plures quam novem circiter syllabæ tempore minuti unius secundi successive producantur; quare ne sonus reflexus cum directo confundatur, inter eorum ad aurem appulsus intercedere oportet partem nonam minuti unius secundi, quo tempore sonus describit spatium 127 pedum Londinensium circiter. Hoc igitur spatio minor esse non debet distantiarum AR, & AFR differentia, ut sonus reflexus distincte percipi possit in R. Si plura sint obstacula justis intervallis dissita in quæ sonus directe offendat, is quasi ex variis locis sæpius repetitus audietur; ita machinarum bellicarum fragorem & tonitrus boatum circumjecta ædificia vel crassiores nubes pluries referunt. Ex sonorum reflexione & ex parabolæ vel ellipseos proprietate pendet, quod maxime mirari solet imperitum vulgus, in amplissimis quibusdam cubiculis atque etiam in templis tantum soni incrementum ut si quis demissiori etiam voce mussitaverit, ab alio qui in convenienti licet maxime distanti loco fuerit constitutus, distincte audiatur.

VII. Duplicem jam consideravimus instrumentorum speciem; at prætermittendum non est vocis instrumentum quod ad utrumque instrumentorum genus pertinere videtur. Præclarissima referemus experimenta quæ paucis ab hinc annis de animalium voce habuit vir clariss. D. Ferrein. Ex Anatome notum est *tracheam* sive *asperam arteriam* esse canalem qui prope fauces per anteriora colli ad pectus descendit & in multos ramos *bronchia* appellatos per universam pulmonum substantiam disseminatur, ut omnibus eorum cellulis aut vesiculis possit aerem suppeditare; hujus canalis caput quod *laryngem* vocant, media rimula

mula pertusum est, quæ rimula *glottis* dicitur, & fistulæ peristomium imitatur. Circum glottidis labia conspiciuntur fibræ tendinosæ quas *chordas vocales*, ob illarum officium, appellare laudato viro placuit. Dum pectus musculorum vi attollitur, aer exterior vesiculis pulmonaribus sese inserit, non secus ac sublato embolo antliæ cavitatem ingreditur. Hic motus quo fit ut pulmones aerem admittant, *inspiratio* dicitur; *expiratio* autem vocatur motus contrarius quo depressi pulmones aerem expellunt, atque motus uterque communi nomine *respiratio* appellatur. His positis, totum vocis artificium ita explicatur. Dum aer e pulmonibus per tracheam ejicitur, glottidis fibrillas vellicat, motuque tremulo agitat. Illæ autem fibrillæ, pro tonorum varietate, majoris vel minoris tensionis capaces sunt, atque ad illam tensionis varietatem producendam laryngis cartilaginibus aptatos musculos deprehendit D. Ferrein. Ex his omnibus jam suspicio oriri potest vocis organum ad chordas sonoras atque etiam ad instrumenta pneumatica pertinere; tendinosæ fibrillæ hinc & inde ad glottidis labia protensæ cum duplici chordarum serie in clavicymbalo possunt comparari, glottis ipsa pro earumdem chordarum intervallo haberi potest, penarum quibus chordæ vellicantur, locum tenet aer fibrillas agitans, vis autem hujus aeris pulmonum actione producta digitorum officio fungitur. Hanc conjecturam ita confirmant experimenta ut extra omnem dubitationem posita videatur. Ex animalium cadaveribus trachea simul cum larynge abstrahitur, tensis deinde magis vel minus glottidis fibrillis, aer in tracheam ore immittitur, pro majori vel minori tensionis gradu diversi audiuntur toni. Ita

pulchre ſuccedit experimentum ut diverſi animalium toni clare diſtinguantur; tauri mugitus, latratus canis, ovis belatus facile diſcernuntur. Fibrillarum ſeu chordarum vocalium vibrationes attentis oculis ſeſe conſpicuas præbent. Si eædem fibrillæ digitis vel inſtrumento aliquo ſtringantur atque ad varias longitudines contrahantur, inflata larynge, diverſos edent tonos. Quod autem in prædictis experimentis aer præſtat, id in vivis animalibus exequitur natura. Etenim demonſtrat Anatome chordas vocales horizontaliter extenſas extremitate anteriori, *cartilagini ſcutiformi* annexas eſſe, extremitate autem poſteriori alligatas eſſe *cartilagini arytenoideæ*; cartilago autem ſcutiformis hinc & inde cartilagini annulari innititur, atque his duobus fulcris tanquam centro in arcum curvilineum flectitur modo antrorſum retrorſum, modo ſurſum deorſum & contra. Talis autem motus fieri non poteſt niſi cartilagines illæ chordas vocales trahant in partes oppoſitas, nempe cartilago ſcutiformis trahit retrorſum antrorſum, cartilagines autem arytenoideæ trahunt antrorſum retrorſum. Itaque chordæ vocales magis vel minus tenduntur. Experimenta illa in animalium cadaveribus inſtituta unuſquiſque in ſe ipſo facile ſumere poterit; ſi enim digitum gutturi quis immergat ita ut ad ſpatium prædictis cartilaginibus interceptum pertingat, facile experietur nullum produci poſſe tonum acutiorem niſi preſſionem aliquam digito ſentiat; contra autem ſi tonum graviorem edere tentaverit, in partem contrariam cartilago movetur & digito libertatem reſtitui experietur. Ex his principiis, ex diverſa nempe fibrillarum conformatione & tenſione, explicari poteſt in diverſis hominibus, atque etiam

in

in eodem homine diversa ætate vocis varietas; sed hæc omnia facile colliget quisquis explicatam sonorum doctrinam probe intellexerit.

Cæterum quæ hactenus explicavimus longe differunt ab iis quæ antea tradiderat D. Dodart; in glottidis labiis admittebat quidem fremitum aliquem, sed fremitum hunc ad tonorum varietatem secundario tantum conferre existimabat, atque ex diversa glottidis apertura totam vocis melodiam repetebat. At opinionis falsitatem demonstravit D. Ferrein; glottidis amplitudinem, sive aperturam per gradus mutavit, eadem manente fibrillarum tensione; contra autem servata glottidis apertura, tensionis gradus mutavit; in primo casu eundem, in altero autem diversum audivit tonum. In his autem omnibus experimentis solam tonorum varietatem simul cum larynge a cæteris partibus abstractam adhibuit vir clarissimus, at si sonus organis extra laryngem positis, gutturi, nempe, dentibus, linguæ, labiis, genis, naribus, palato, admiranda motuum varietate illidat, jam sonus in vocem articulatam erumpit. Hanc autem motuum varietatem ad litteras exprimendas necessariam surdos natos sæculo proxime elapso docebat Joan. Conradus Amman Medicus Amstelodamensis atque etiamnum Parisiis extat vir stupendæ industriæ D. Pereyrerius qui intra breve tempus mira successus felicitate surdos loquelam docet.

VIII. Soni doctrinam in aere & in instrumentis sonoris hactenus consideravimus, ultima jam superest hujus articuli pars quæ est de ipso auditus organo. Præcipuas ejusdem organi partes, quantum officii nostri est, ordine describemus illarumque usum exponemus. Externa auris pars oculis subjecta dicitur

tur *auricula* quæ eſt cartilago ſive membrana capitis cuti firmiter annexa, hinc inde prominens & in modum conchæ expanſa ad aerem majori copia excipiendum. Hinc ii quibus reſecta eſt auricula, minus diſtincte audiunt, & manu inſtar cornu inflexa uti ſolent. Conchè adjacet *meatus auditorius* partim cartilagineus partim oſſeus, qui variis flexibus velut ſpiris contorquetur, ut reflexionum numerus ideoque & ſonus augeatur. In fine meatus auditorii occurrit membrana quædam ſubtilis annulo oſſeo impoſita, nullo foramine pertuſa, verſus meatum auditorium tantiſper cava, verſus interiora auris convexa; hæc *membrana Tympani* appellatur. Quando quidem vero variis aeris motibus excipiendis hæc eadem tympani membrana modo laxari, modo tendi debuerat, huic operi oſſicula quatuor a ſapientiſſimo divinoque artifice deſtinata conſpiciuntur, *malleolus*, nempe, *incus*, *ſtapes* & *os orbiculare*. Malleolus ſua cauda tympano nectitur, capite incudi cui ſubjectus eſt ſtapes, hic autem cum oſſiculo orbiculari conjungitur; illa autem quatuor oſſicula ſic inter ſe junguntur & adjunctis muſculis trahuntur, ut tympani membranam modo laxiorem, modo tenſiorem, reddi oporteat. Itaque dum extrema ſtapedis pars contrahitur, annexa illi incus impelli debet eademque contractio diffundi in malleolum qui cum altera ſui parte tympano adhæreat, tympanum ipſum debet contrahere ejuſque membranam duriorem reddere. Prædicta oſſicula continentur in cavitate quæ *tympani cavitas* appellatur. In cavitatem tympani hiat *tuba Euſtachiana* quæ eſt canalis longior partim oſſeus, partim cartilagineus, per palatum protenſus, communicans cum aere externo qui ore & naribus hauritur.

ritur. In eamdem cavitatem hiant quoque *orificia cellularum maſtoidearum* & feneſtræ duæ, *ovalis* quam tegit ſtapes & *rotunda* quæ tenui membrana tegitur.

Jam conſideravimus meatum auditorium & cavitatem tympani, contemplanda ſupereſt *ſpelunca* alia, ut dicunt, quæ *oſſis petroſi* cavitates continet, & *labyrintus* vocatur. Media labyrinthi cavitas appellatur *veſtibulum* ad quod ducit feneſtra ovalis. Ad cavitates labyrinthi pertinet etiam choclea cui opponuntur tres canales *ſemicirculares* dicti; illi autem canales per quinque foraminula hiant in veſtibulum. Maxime autem conſiderari debet admirabilis chocleæ ſtructura, hoc nomine appellata eoquod cochleæ figuram imitetur in varios gyros ſinuſque inflexa; hujus quidem ſpiræ initio latiores ſunt & ampliores, deinde vero ſenſim contrahuntur. Huic autem oſſi lege admirabili contorto ſubtiliores atque molliores nervorum fibræ a ſeptimo pari diffuſæ ſuperextenſæ conſpiciuntur. Ad labyrinthum quoque referri poteſt *proceſſus maſtoideus* qui cellulas plurimas intus continet; quarum quidem cellularum beneficio ſonus admodum multiplicatur. Tandem ultima cavitas eſt *aquæ ductus Fallopii* qui eſt canalis longior e labyrintho protenſus in oſſe petroſo inſculptus, nervum *acuſticum* ſeu *auditorium* continens. Nervus autem ille in duos ramos dividitur, *mollem* ſcilicet & *durum*; mollis per labyrinthum diſtribuitur, durior autem per varios ramulos tendit ad tympanum, aurem externam aliaſque vicinas partes.

Ex his licet brevius explicatis jam intelligere eſt qua ratione in nobis excitetur ſenſatio ſoni. Sonus qui in aere externo producitur in auriculam incidit & concham ingredi-

ditur; unde in meatum auditorium defertur; hinc transmittitur in tympani membranam quæ sic concussa ad modum aeris incidentis contremiscere incipit. Hujus membranæ fremitus communicatur aeri in tympani cavitate contento qui per tubam Eustachianam illuc advenit, atque in eodem aere pulsus excitantur. Hic motus per fenestras propagatur ad fibrillas nerveas quæ internas superficies vestibuli & trium canalium semicircularium vestiunt, agitantur etiam ad modum aeris diversa atque consona quæ per cochleam secundum harmoniæ leges extenduntur nervi acustici filamenta & inde motus per nervum acusticum ad cerebrum usque transfertur & anima sonum percipit. Aliquem aerem quem *innatum* dicunt in labyrinthi cavitatibus latere vulgo creditur; verum fictitius omnino videtur aer ille, cum nullus intra cavitates labyrinthi aditus, exitus nullus unquam observari potuerit; & præterea ad explicandum auditus artificium nullius omnino est utilitatis; præsertim si verum sit quod paucis abhinc annis traditum est, mulierem Bononiensem rerum anatomicarum peritissimam detexisse communicationem inter utramque fenestram & cochleam, ope duorum musculorum qui a fenestris cum nervo auditorio connectuntur. Quare nulla est aeris innati necessitas. At necessarium omnino esse patet aerem in tympani cavitate contentum; hinc nascitur surditas si tubæ Eustachianæ hiatus obstruatur. Ea de causa fit ut pictores dum in tabella auditorem aliquem intensius attentum pingere volunt, eum ore patulo pendulaque maxilla inferiori representare soleant.

IX. Unum jam superesset investigandum qua scilicet ratione fieri possit ut diversi per aerem

aerem tremores ſine ulla tonorum confuſione eodem tempore ad aures propagentur variaſque excitent ſoni ſenſationes. Et quidem in concentu muſico ſoni tam graves quam acuti eodem tempore diſtincte audiuntur. Tanta eſt propoſiti phœnomeni difficultas ut meræ hactènus habeantur conjecturæ & vix aliquid amplius unquam ſperandum ſit. Ingenioſiſſima ſane eſt hypotheſis viri doctiſſimi D. De Mairan qui in aeris particulis diverſos admittit elaſticitatis atque tenſionis gradus & diverſos veluti tonos, ita ut aliæ particulæ tardius, aliæ velocius ſuas vibrationes perficiant, atque ita diverſas ſenſationes producant. Si chorda muſica motu oſcillatorio agitetur, hæc motuum ſuum transfert potiſſimum in aeris particulas uniſonas, eodem ſcilicet elaſticitatis & tenſionis gradu præditas; illæ igitur aeris particulæ inſtar chordæ eunt & redeunt. Inde rationem reddunt aliqui Phyſici cur chorda uniſona etiam non pulſata, ſi tamen fuerit proxima, reſonet & tonum edat; cum enim chorda illa ad chordæ pulſatæ modum contremiſcere apta ſit, recurrentibus aeris pulſibus motum accipit tonumque producit. Simili modo aliæ ſunt aeris particulæ quæ eodem tempore duplum abſolvunt vibrationum numerum, ille igitur velociores aeris vibrationes in chordam ipſam transferri debent, debilius tamen ut pote integra chordæ vibratione turbatæ, atque hinc fieri ajunt ut præter tonum totius chordæ quem *fundamentalem* dicunt, audiatur etiam tonus qui *octava* vocatur, aliique etiam toni excitentur, non ſolum in chorda pulſata, ſed in proximis quoque chordis licet intactis. Generatim rem ita explicant. Si chordæ duæ proximæ in partes aliquotas dividi poſſint quæ ſint inter ſe ad

uni-

unisonum, aut quod idem est, quæ vibrationes isochronas peragant, & harum chordarum una pulsetur sonumque edat, chordæ duæ sese in partes aliquotas veluti divident, recurrentibus aeris particulis; ut ad unisonum reducantur. Ita si capiantur ejusdem chordæ partes duæ quarum ratio sit 2 ad 3 & æqualiter tendantur, alteraque pars pulsetur, dividetur minor chorda in partes duas, & major in partes tres quæ singulæ seorsim vibrationes suas perficient. Nam brevior chorda, duarum nempe partium, tres vibrationes perficit, dum chorda longior partium trium duas tantum absolvit; quare chorda brevior frequentiores in aere pulsus excitat quorum recursu chorda longior citius quam par est agitatur, & cum utriusque chordæ aerisque oscillationes congruere non possint, nisi singulæ chordarum partes aliquotæ & æquales suas vibrationes seorsim peragant, motus ille conspirans tam in chordis quam in aere tandem producitur. Hæc quidem tonorum multiplicitas experimentis demonstratur, sed demonstrata non est allata experimentorum ratio. Etenim, ut alias prætermittam difficultates plurimas, si diversæ aeris elasticitati tribuenda sint hæc Musices phœnomena, cur audiuntur duntaxat soni tono principali acutiores? Non minus distincte graviores toni in hac hypothesi audiri debent; cum in utroque casu iisdem motibus recurrant atque conspirent aliæ aeris particulæ quæ unam vibrationem peragunt, intereadum chorda tota vibrationem unam perficit. Sed hæc satis dicta sint in re admodum difficili & nunquam fortasse explicanda.

A P-

APPENDIX

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

I. EXplicatam in præcedenti articulo doctrinam intelligendis Musices principiis utilissimam esse ex dictis jam manifestum est; hanc autem utilitatem paucis, quantum licet, declarabimus. Musica dicitur scientia varios sonos ita conjungendi ut auribus gratam exhibeant harmoniam. De tonorum varietate nonnulla exponemus, & de suavitatis musicæ causa pauca adjungemus. *Intervallum* apud Musicos appellatur differentia inter duos sonos ratione *gravitatis* & *acuminis*, ita ut quo major est differentia inter graviorem & acutiorem sonum, eo majus quoque intervallum esse dicatur. Quare si differentia sit nulla, nullum quoque est intervallum, illudque intervallum *evanescens* appellatur *unisonus*. Si intervallum fuerit 2 : 1, si nempe soni rationem duplam teneant, intervallum dicitur *octava*; sed primaria sonorum intervalla jam definivimus, nunc vulgarem tonorum *scalam* explicabimus; hæc notissimis vocibus exprimitur *ut*, *re*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*, UT. In hac autem scala præcedentes toni ex ordine tenent sequentium numerorum rationem nempe $1 . \frac{9}{8} . \frac{5}{4} . \frac{4}{3} . \frac{3}{2} . \frac{27}{16} . \frac{15}{8} . 2.$ Ex hac numerorum serie patet æqualia esse vel fere æqualia intervalla inter *ut re*, *re mi*, *fa sol*, *sol la*, *la si*; verum intervalla inter *mi fa*, & *si ut* licet æqualia inter se, præcedentium intervallorum sunt tantum dimidia; quare intervalla *mi fa*, *si ut* appellari solent *hemitonia*,

nia, reliqua autem intervalla *ut re*, *re mi &c.* toni proprie dicuntur. Ut autem perſpicua intervallorum notio habeatur, docendum eſt qua ratione ſoni duo fractis numeris expreſſi poſſint inter ſe comparari. Ita ſi comparandi ſint ſoni *mi*, *ſol* qui exprimuntur numeris $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$, multiplicetur numerator 5 per denominatorem 2; deinde numerator 2 ducatur in denominatorem 4, habebuntur numeri duo integri 10 & 12, ac proinde ſonorum illorum ratio, ſive, quod idem eſt, intervallum exprimetur ratione eorumdem numerorum 10, 12.; vel 5, 6; atque ſonorum intervallum eo majus erit quo magis ratio illa differt ab unitate. Nec difficilius numeris exprimitur ſonus aliquis cujus data eſt ratio ad alium quemlibet ſonum datum. Ita invenienda ſit tertia major quintæ $\frac{3}{2}$, hæc tertia major debet eſſe $\frac{5}{4}$ ipſius quintæ, ut patet ex tertiæ majoris & quintæ definitione; nam tertia major ſoni cujuslibet eſt $\frac{5}{4}$ ejuſdem ſoni; quare fractiones duæ $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$ in ſe invicem multiplicari debent, orieturque nova fractio $\frac{15}{8}$ quæ erit tertia major quæſita. Hæc omnia ſtatim manifeſta ſunt ex demonſtratis in Arithmetica, ubi de numeris fractis. Simili ratione in aliis quibuslibet tonis operatio inſtitui debet; ita ratio *ſi ut* eſt $\frac{15}{16}$ ad 1 ſeu 15 ad 16, atque eadem eſt ratio *mi fa*, nempe $\frac{5}{4}$ ad $\frac{4}{3}$ ſeu 15 ad 16. Hinc patet hemitoniorum intervalla eſſe tonorum integrorum intervallis dimidio circiter minora. Etenim ratio *ut*, *re*, eſt $\frac{8}{9}$, ratio autem *ſi ut* vel *mi fa* $\frac{15}{16}$, quæ duæ rationes ſi conferantur cum unitate, differentiæ inveniuntur $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$ quarum una eſt alte-

altera circiter duplo major. Jam ad vulgarem ſcalam varioſque tonos redeamus.

Si intevallum componatur ex tono & hemitonio; ut *mi ſol*, *la ut*, *re fa*, dicitur *tertia minor*, Intervallum ex duobus tonis compoſitum quales ſunt *ut mi*, *fa la*, *ſol ſi*; vocatur *tertia major*. Intervallum ex duobus tonis & hemitonio compoſitum quales ſunt *ut fa*, vel *ſol ut*, appellatur *quarta*. Si intervallum conſtat ex tribus tonis quales ſunt, *fa ſi*, vocatur *Trito* vel etiam *quarta ſuperflua*. Intervallum ex tribus tonis & hemitonio compoſitum quale eſt, *ut ſol*, *fa ut*, *re la*, *mi ſi*, vocatur *quinta*. Si intervallum componitur ex tribus tonis & duobus hemitoniis quale eſt *mi* UT, appellatur *ſexta minor*; dicitur autem *ſexta major*; ſi intervallum ex quatuor tonis & hemitonio componatur, quale eſt intervallum, *ut la*. Si intervallum ex quatuor tonis conſtet & ex duobus hemitoniis quale eſt, *re* UT, dicitur *ſeptima minor*; at vocatur *ſeptima major*, ſi intervallum ex quinque tonis & hemitonio componatur, tale eſt intervallum *ut ſi*. Tandem ſi intervallum ex quinque tonis & duobus hemitoniis compoſitum fuerit, quale eſt *ut* UT, appellatur *octava*. Evidens autem eſt illas tonorum definitiones convenire cum iis quas in articulo præcedenti tradidimus, unicum exemplum afferre ſatis ſit. Intervallum *mi ſol* eſt *tertia minor*; nam *mi* in ſcala vulgari exprimitur per $\frac{5}{4}$, *ſol* autem per $\frac{3}{2}$, quare intervallum inter *mi* & *ſol* exprimit ratio fractionum $\frac{5}{4}$, $\frac{3}{2}$ quæ quidem ratio eſt 10 ad 12 vel 5 ad 6, ac proinde intervallum illud eſt *tertia minor*, ut antea explicavimus. Si præcedentibus tonis in inſtrumento muſico certus aſſignetur vibrationum numerus, vel, quod idem eſt, datus

datus *gravitatis* & *acutiei* gradus, atque deinde toni illi duplo acutiores reddantur, nova obtinetur scala in qua toni singuli ad tonorum præcedentium *octavam* ascendunt. Quia vero a primo *ut* usque ad secundum *re*, alterius scilicet superioris vel *ascendentis* scalæ, novem soni computantur, ideo intervallum inter illos duos sonos dicitur *nona*, quam componi manifestum est ex sex tonis & duobus hemitoniis. Simili ratione intervallum inter *ut* primæ scalæ & *fa* secundæ vocatur *duodecima*, atque ita deinceps. Dupla octava appellatur *decima quinta*; at *decima septima* vocatur dupla octava tertiæ, & *decima nona* dicitur dupla octava quintæ. Totam rem numeris explicabimus.

Si tonus aliquis dicatur 1, illius octava acutior erit 2, gravior autem octava $\frac{1}{2}$: numeri illi exprimunt vibrationum numerum dato aliquo tempore peractarum. Quare ut toni alicujus octava acutior habeatur, numerus hunc sonum exhibens per 2 multiplicari debet; si vero multiplicetur per $\frac{1}{2}$ habebitur octava gravior. Itaque si sonus aliquis V. G. *ut* dicatur 1, illius octava acutior erit 2, dupla octava erit 4, tripla 8. Contra autem octava gravior erit $\frac{1}{2}$, dupla octava $\frac{1}{4}$, tripla octava $\frac{1}{8}$. Simili modo numerus 3 exprimet duodecimam acutam, duodecima autem gravis erit $\frac{1}{3}$. Ita decima septima major acuta erit 5; gravis autem $\frac{1}{5}$; facile patet duodecimam acutam toni alicujus esse octavam quintæ ejusdem toni. Etenim si tonus *principalis* dicatur 1, erit quinta $\frac{3}{2}$, cujus octava est 3. Simili ratione decima septima major acuta, est dupla octava tertiæ majoris ejusdem toni; etenim quinta exprimitur fractione $\frac{5}{4}$, quæ multiplicata per 4, ut habeatur dupla octava,

va, abit in 5, nempe in decimam septimam majorem acutam. Porro evidens est quinque tonos qui vulgarem scalam constituunt in duos semitonos veluti divisos concipi posse; ita inter *ut* & *re* medius est tonus qui *ut* semitono superat, & a sono *re* deficit eodem semitoni intervallo. Si aliquis scalæ tonus semitoni intervallo gravior reddatur, dicitur *bemollis*; vocatur autem *diesis* si eodem intervallo fiat acutior.

His præmissis quæ quidem musices amatoribus probe cognita esse debent, jam referendum est præclarissimum sane experimentum quo Musicæ doctrinæ pars maxima innixa videtur. Si chorda aliqua musica præsertim crassior, plectro pulsetur, præter tonum *principalem* sive *fundamentalem* auditur octava ejusdem toni, & præterea duodecima & decima septima major acuta satis facile distinguuntur, hoc est, octava acuta quintæ, & dupla octava tertiæ majoris. Id quidem jam diu notum est; at subtilius aliud experimentum habuere recentiores Musici; si nempe comparantur chordæ duæ quarum una sit ad duodecimam gravem chordæ pulsatæ, altera autem ad decimam septimam majorem gravem, fremitus quidam in duabus illis chordis observatur, nullus tamen auditur sonus. Præterea chordæ illæ in partes veluti dividuntur, una scilicet in tres partes æquales, altera autem in quinque, atque partes illæ in quas dividuntur chordæ, soni principalis octavam redderent, si non fremitum duntaxat sed sonum quoque ederent. Jam tonus fundamentalis dicatur *ut*; quia vero eadem chorda producit duodecimam & decimam septimam majorem, audietur quoque octava ipsius *sol* & dupla octava toni *mi*. Quare cum octa-

vam

vam *ſol* & duplam octavam *mi*, quaſi ſponte inſtrumenta ipſa ſuppeditent; hinc colligitur duos prædictos tonos ſimul cum tono *ut*, conſonantiam magis naturæ conſentaneam ac proinde & magis perfectam reddere.

Simili ratione illa tonorum conſonantia voce expreſſa, foret omnium perfectiſſima; at quia vocis limites tam magna intervalla non facile permittunt, prædictis tonis illorum octavæ ſubſtituuntur; hinc naſcitur cantus *ut*, *mi*, *ſol*, *ut* omnium ſimpliciſſimus & maxime facilis, in ipſo corpore ſonoro habens originem. Quia vero in hoc cantu *ut*, *mi*, *ſol*, *ut*, tertia *ut mi* major eſt, hinc cantus ille *modus major* appellatur.

In ſecunda experimenti parte percipitur fremitus duodecimæ gravis & decimæ ſeptimæ majoris itidem gravis; hinc derivatur alter *modus* qui *minor* appellatur, cujus denominationis rationem explicabimus. Cum tertia minor gravis ſit *la*, tertia major gravis erit *la bemollis*; nam tertia major a minori differt hemitonio, ſed intervallum *ut la* eſt tertia minor, ergo intervallum *ut la bemollis* erit tertia major. Quare decima ſeptima major gravis erit dupla octava ipſius *la bemollis* gravis. Simili modo cum quinta gravis ſit *fa*, duodecima gravis erit octava ipſius *fa* gravis. Itaque cum toni ſubſtitui poſſint octavis, hinc oritur cantus naturæ conſentar..us, *fa la bemollis ut*, in qua tertia *fa la bemollis* minor eſt & ideo modus ille appellatur *minor*.

Verum quia reſonante tono principali *ut*, in tonis *fa*, *la bemolli* fremitus duntaxat percipitur, nullus autem ſonus qui in primo modo auditur, hinc modus minor minus perfectus eſt quam modus major. Ex his principiis

piis musicæ compositionis leges derivarunt viri celeberrimi eruditique *orphei*, sed nobis satis sit ea breviter exposuisse quæ in chordarum musicarum vibratione observantur. De suavitatis musicæ causa re quidem valde obscura aliquid subjungemus quod sua utilitate non caret, & sic *miscebimus utile dulci*.

II. Propria experientia unusquisque novit ea sibi placere quorum ordinem justamque dispositionem percipit. Ita si contemplemur horologium, id maxime nobis placebit si ex ejus structura intelligimus singulas illius partes ita esse connexas ut ad tempus accurate indicandum concurrant. Exemplo etiam sit Architectura quæ *Gothica* appellatur, hæc ornamentorum multitudine laborat atque intuentium oculos animumque defatigat. Quia vero sine partium varietate nullus rerum ordo esse potest, hanc primariam suavitatis causam unusquisque in seipso experitur, nempe consensum sive ordinem in varietate. Et quidem nobis displicet nimis longa rerum vel objectorum similitudo; maxime delectamur lectione librorum qui maximam nos docent rerum varietatem; contra autem tædio afficimur si res easdem frequentius repetitas legamus. Hanc generalem suavitatis rationem ad musicam transferre tentarunt doctissimi viri, hac nempe ratione.

Duo in sonis potissimum consideranda sunt quæ ordinem possunt continere, sonorum scilicet *gravitas* vel *acumen* & eorum *duratio*. Itaque placebit musicus concentus, si ordinem quem inter se tenent soni illorumque durationem percipimus. Duorum sonorum ordinem intelligimus, si percipiamus rationem quam vibrationum eodem tempore editarum numeri inter se habent; ita si aliquis sonus eodem

tempore tres pulsus perficiat dum alter duos tantum absolvit, jam eorum relationem atque ordinem cognoscimus. Simili modo plurium sonorum mutuam relationem comprehendimus, si rationes omnes quas singulorum tonorum numeri inter se habent, perspectas habemus. Quia vero in sonorum duratione ordo etiam esse potest, ex hac causa voluptatem etiam capiemus si rationes quas singula durationum tempora inter se tenent, percipiamus. Cum autem soni graviores eodem tempore pauciores edant pulsus, perspicuum est sonorum acutorum rationem facilius quam gravium percipi posse, eodem tamen manente tempore & mutato duntaxat vibrationum numero. Hæc itaque regula merito observatur ut nempe gravioribus sonis major tribuatur duratio, acutioribus minor; atque eandem ob causam sonos eo magis producendos esse intelligitur quo magis sunt compositæ & perceptu difficiles sonorum rationes; fieri tamen potest ut acutiores soni tardius aliquando incedere debeant, graviores autem celeriter progredi possint, si nempe hi simplices, illi vero compositas teneant rationes. Hinc intelligitur modi utriusque *majoris* scilicet & *minoris* perfectio, cum sonorum ordinem atque relationem natura ipsa nobis suppeditet. Verum quidquid hactenus dictum est de sonorum ordine illorumque mutua relatione non ita intelligendum volumus, quæ nonnullorum est opinio, quasi ex ipsa numerorum natura facilique vibrationum proportione suavitas musica derivari possit. Et quidem si ex ipsa vibrationum natura illarumque facili ratione pendeat harmoniæ jucunditas, quid causæ esse poterit cur tertia minor in qua vibrationes sunt ut 5 & 6, gratissimam auribus

exhi-

exhibeant conſonantiam ; contra autem ſoni quorum vibrationes ſunt ut 6 & 7 ; aures duriſſime offendant? Ecquis ſibi facile perſuadebit jucundiſſimam eſſe primam conſonantiam, quia ſingulæ ſex vibrationes ſimul recurrunt; in alio autem ſono acerbe aures afficiuntur, quia ſingulæ tantum ſeptem vibrationes ſimul recurrere audiuntur? Ecquis intelliget tantam ſenſationum differentiam ex minima tonorum differentia quæ eſt duntaxat $\frac{1}{36}$, nempe pars 36^2. Igitur per vibrationum relationes perceptu faciles intelligimus tantum illas tonorum rationes quas inſtrumentorum noſtræque vocis natura exhibet, atque nomine conſonantiarum illas duntaxat ſignificamus ſonorum combinationes quæ ad præcedentes modos referuntur ; contra autem ſi ad modos illos ſoni non poſſunt referri, *diſſonantiæ* appellantur. Jucunditatem ſemper afferunt conſonantiæ ; quamvis autem diſpliceant diſſonantiæ, eas tamen aliquando adhibere licet, non tamen ſine aliqua præparatione, & dummodo ad perfectiſſimam conſonantiam ſtatim tranſitus fiat. In diſſonantiarum uſu ars eſt maxima ; & quidem ſi diſſonantiarum labori & triſtitiæ ſuccedat conſonantiarum facilitas & jucunditas, brevi tædio quaſi ſublevati majorem deinde capimus voluptatem. Frequentiores autem uſurpari ſolent diſſonantiæ in iis muſicarum compoſitionum generibus quæ ad dignitatem & majeſtatem formata eſſe debent, quales ſunt concentus ſacri pro templorum majeſtate & religione compoſiti.

Ex iis quæ hactenus diximus probabiliſſime colligitur ſuas eſſe & quidem certiſſimas artis muſicæ leges, nullo hominum arbitrio mutabiles. Fatendum tamen eſt ſuavitatem muſi-

cam ex gentium moribus atque ingenio non parum pendere; etenim cum sensationibus repræsentandis accommodata sit Musica, pro diversa hominum indole magis minusve jucundum esse debet idem musicæ genus. Evidens quoque est ex diversa organi conformatione repetenda etiam esse diversa de musicæ suavitate hominum judicia. Itaque si homines iisdem sensationibus diversimode afficiantur, si organum auditus sit varie conformatum ita ut validius vel debilius flectatur atque moveatur, jam diversas de musicæ suavitate opiniones ex his causis oriri necessum est. Hac igitur ratione absolvi posse videtur pervulgata quæstio de musicæ varietate; dum enim disputari solet usurpatum a natione aliqua musicæ genus non esse naturæ consentaneum, res perinde se habet ac si vernaculum in eadem natione sermonem naturæ consonum esse negaretur, & quidem linguæ in qualibet natione ad exprimenda hominum sensa sunt institutæ, atque talis esse debet musicæ perfectio ut voces ideoque & hominum indolem, quantum ars patitur, exhibeat. Sed hæc pauca breviter attigisse satis sit, oblata occasione; quidquid sit de musicæ suavitatis causa & varietate, certissimum est tantam esse harmoniæ vim ut non solum homines quibus rite conformatum est organum plurimum delectet, sed aliquos delicatiori auditu instructos mira dulcedine rapiat, variosque affectus movere valeat. Quæ cum ita sint, purior doctrina jubet caute declinandos esse musicos concentus qui ad excitandos affectuum tumultus morumque sanctitatem corrumpendam videntur compositi.

SE-

SECTIO SECUNDA

De lumine & igne.

CUM lux & ignis communes quasdam & affines proprietates habeant, utrumque argumentum eadem sectione complectemur; id enim in nostris institutionibus maxime cavemus ne ea separemus quæ sunt conjuncta. Itaque duo erunt hujus sectionis capita. Primum de lumine; alterum de igne.

CAPITULUM I.

De lumine.

TRiplici potissimum ratione lux considerari potest, nempe vel in corpore lucido quod lucem emittit, vel in corpore quod emissam lucem excipit, & tandem in ipso visionis organo. In hac autem divisione continentur etiam quæ de coloribus & iride in cultiori Physica solent explicari. Itaque pro rerum tractandarum varietate & ordine varios instituemus articulos.

ARTICULUS I.

De lucis natura & propagatione.

I. OMnes tum veterum, tum recentiorum Philosophorum de natura lucis sententiæ licet plurimum inter se dissidentes, ad duo veluti capita referri possunt. Alii nimirum existimant lucem esse qualitatem aliquam, vel accidens quod lucido corpori modo conjungatur aliorumque accidentium instar in-

hæreat, modo ab illis ſeparetur. Alii vero arbitrantur lucis naturam poſitam eſſe in tenuiſſima quadam ſubſtantia corporea quæ celerrime agitata, corpora illuſtret, aerem penetret, oculum ſubeat, nervaſque fibrillas percellens ſenſum quemdam in illis imprimat. Quod primam opinionem ſpectat, eam breviter & fortaſſe longius quam par eſt, in ſequenti concluſione refellemus. Quod vero attinet aliorum Philoſophorum ſententiam, ii rurſus naturam lucis diverſimode explicant. Carteſius vorticum hypotheſim hic, pro more ſuo, implorat, & rem totam ita exponit. Sol, ſtellæ fixæ ex tenuiſſimis corporibus nempe ex materia primi elementi ſeu ſubtili componuntur & in globos conformantur qui circa proprium axem vehementiſſimo motu convertuntur. Jam dum globuli illi aguntur in gyrum, conantur a centro motus recedere atque hac vi centrifuga circumſtantes ſecundi elementi globulos quaquaverſum per rectam impellunt. Quia vero globuloſa materia a ſole ſtelliſque fixis veluti centris, radiorum inſtar ad circumferentiam, hoc eſt, ad extremum vorticis protenditur, dum globulus Soli conterminus ſubtilis materiæ vi centrifuga impulſus movetur, idem motus per ſeriem globulorum propagatur, donec globulus oculo contiguus & ad tremorem concitatus lucis ſenſationem excitet; & quidem *in inſtanti*, non ſecus ac agitata baculi extremitate, alteram extremitatem ſtatim moveri neceſſe eſt.

II. Carteſianam hypotheſim validiſſimis argumentis impugnavit Nevvtonus, & fere demonſtravit lucem conſiſtere in ſubtiliſſimis effluviis a corpore lucido tanquam centro per radios perpetuo emanantibus & in omnem partem rapidiſſime vibratis. Itaque patet Carteſia-

ſianam hypotheſim a Nevvtoniana ſententia duplici ex parte maxime diſcrepare. 1. Carteſius nulla admittit e corpore lucido effluvia. 2. Lucem in inſtanti propagari aſſerit; quæ duo negat Nevvtonus, cujus ſententiam in ſequenti conclusione explicabimus & confirmabimus.

CONCLUSIO

LUX CONSISTIT IN EFFLUVIIS E CORPORE LUCIDO JUGITER EMANANTIBUS, ILLIUSQUE PROPAGATIO INSTANTANEA NON EST, SED SUCCESSIVA.

PROB. I. Pars. Experimentis notiſſimum eſt radios lucis in ſpeculi *uſtorii* foco collectos tantam vim concipere ut ex duriſſimis quoque adamantibus fumum exprimere, corpora plurima in calcem vitrumque redigere valeant. Hi autem aliique id genus effectus intelligi nequaquam poſſunt, niſi tenuiſſima lucis corpuſcula undequaque diſperſa in minus ſpatium redigantur vimque majorem acquirant; ac proinde lux in perpetua tenuiſſimarum particularum emiſſione conſiſtit. Et re quidem ipſa, corpora omnia lucida ut flamma & ignis dum lucent & urunt, tandem conſumuntur atque omnino diſſipantur.

Neque eſt quod Carteſianam vorticum hypotheſim jam antea profligatam hic iterum refellamus, ſatis erit oſtendere lucis propagationem conſiſtere non poſſe in preſſione quadam per fluidum aliquod elaſticum diffuſam. Etenim fluidum illud preſſionem ſuam undequaque exercet, non ſecus ac in ſono videmus contingere. Itaque ſol etiam latens ſub horizonte nobis foret conſpicuus, eodem plane

modo quo ſonus in quavis cubiculi parte per feneſtram auditur. Ex his jam ſic concluditur. E corporibus lucidis perpetuo emanant effluvia illa, quæ experimentis ſeſe manifeſtant & quæ lucis phœnomena omnino poſtulant; atqui ſine perpetua corpuſculorum emanatione explicari non poſſunt experimenta, luciſque phœnomena quibus minime ſatisfacit fluidi elaſtici preſſio. Ergo &c.

PROB. II. Pars. Luminis propagationem *inſtantaneam* non eſſe, ſed tempore aliquo indigere, ex prima concluſionis parte manifeſtum eſt. Etenim cum effluvia a corpore luminoſo ad oculos noſtros emitti progredique debeant, motum illum in inſtanti fieri repugnat; cum quælibet materiæ translatio aliquod poſtulet temporis intervallum. Succeſſivam luminis propagationem non ſolum demonſtrant obſervationes aſtronomicæ, ſed ipſam quoque propagationis velocitatem oſtendunt. Circa Jovem Satellites quatuor revolvuntur, ut circa terram luna; & quemadmodum luna eclipſim patitur ubi telluris umbram ſubit, ita quoque eclipſim patiuntur Satellites ubi Jovis umbram ſubeunt, Jove ſcilicet Solem inter & Satellitem conſtituto. Satelles intimus horis circiter 42 revolutionem abſolvit, & in ſingulis revolutionibus ob exiguam a Jove diſtantiam in Jovis umbra immergitur. Obſervatum autem eſt, tellure inter Solem & Jovem exiſtente, Satellitis ab umbra Jovis emerſionem citius contingere quam per calculos aſtronomicos fieri debet; contra autem Sole inter Jovem terramque conſtituto, prædicti Satellitis emerſionem tardius accidere obſervatur quam juxta tabulas aſtronomicas fieri oporteret. Hæc autem acceleratio vel retardatio nulla alia ratione intelligi poteſt quam ex ſuc-

ſucceſſiva luminis propagatione; hæc enim efficere debet ut breviori temporis intervallo lux e minori diſtantia deferatur. Accuratiſſimis autem diuturniſque obſervationibus innotuit totam temporis differentiam pertingere ad 14 minuta prima, Jove accedente ad terram vel ab ea recedente per intervallum quod duplæ diſtantiæ Solis a terra æquale eſt: quare attributa ſunt minuta ſeptem circiter propagationi ſucceſſivæ lucis a ſole ad terram. Hinc tandem argumentari licet. Succeſſiva eſt propagatio illa quam inſtantaneam eſſe, & ipſi lucis naturæ & obſervationibus aſtronomicis repugnat, atqui &c. Ergo.

Objic. adverſus I. partem. In hypotheſi Nevvtoniana Sol qui lucis noſtræ fons eſt & origo per vaſtiſſima undequaque ſpatia a multis retro ſæculis corpuſcula perpetuo emitteret; & quidem ſine ullo ſubſtantiæ ſolaris detrimento; quod omni caret veriſimilitudine. Quare ſic argumentantur aliqui. Repugnat hypotheſis illa quæ lucis ſolaris jacturam maximam & extinctionem fere omnem induceret, atqui &c. Ergo .... Reſp. N. Min. nullius momenti eſt objectio illa quæ imperito quorumdam Phyſicorum vulgo videtur graviſſima. Licet Sol diſtet a terra ſemidiametris terreſtribus ad minimum 22000, & ſingulis horæ ſemiquadrantibus novo lumine impleat ſphæram toto globo terraqueo pluſquam decies millies majorem, inde tamen timenda non eſt ſolaris luminis jactura. Et quidem difficultatem penitus tollit immenſa luminis tenuitas quæ omnem imaginandi vim longe ſuperat; ſatis ſit obſervare leviſſimam plumulam filo ſuſpenſam, [illegible] ſtatim ſolis radio, ne leviter quidem agitari. Præterea delicatiſſimum viſionis organum, licet incurren-

tes perpetuo ſolis radios excipiat, nullam tamen ex hujus materiæ affluxu offenſionem patitur. Verum cum tanta ſit radiorum ſolarium velocitas, neceſſum omnino eſt ut minimam & fere nullam contineant materiæ quantitatem; alioqui enim radii lucis immenſa fere vi corpora impeterent totamque telluris compagem diſſolverent. Hæc autem reſponſio facilius intelligetur, ſi revocetur in memoriam præclariſſimum theorema in quo demonſtravimus non repugnare portiorem materiæ valde exiguam in vaſtiſſimam ſphæram ad Saturnum uſque extendi, iiſdem manentibus quæ in præſenti rerum ſtatu obſervamus phœnomenis. Quæ cum ita ſint, ſubſtantiæ ſolari reparationem aliquam fruſtra quæſiverunt nonnulli.

Inſt. I. Lux corpora quædam penetrat, in aere, cryſtallo aliiſque pellucidis corporibus liberrime diffunditur & quidem ſecundum lineam rectam. Hinc lucem *accidens* eſſe ac proinde illius propagationem in ſubtiliſſimis effluviis poſitam non eſſe, tali ratiocinatione concludunt Peripatetici. Veriſimile non eſt ſubtiliſſima etiam effluvia intimam corporum ſubſtantiam pervadere, & per vaſtiſſima ſpatia motu rectilineo propagari; Ergo &c. . . . Reſp. N. Maj. Prima hujus objectionis pars vix reſponſione indiget. Etenim ſi lux ſit accidens, intelligi certe non poteſt cur ipſa aliquorum duntaxat corporum ſubſtantiam pervadat, cur corpora aliqua ſint pellucida, alia autem opaca, quod quidem nos facile explicabimus ubi de pelluciditate & opacitate ſermo erit.

Quod ſpectat rectilineam luminis propagationem, ex lucis directione nequaquam pendet noſtra concluſio. Hæc objectio in ipſos adver-

versarios facile retorqueri posset. Demonstrat quidem experimenta rectilineam *ad sensum* esse luminis propagationem in exiguis distantiis. Ita in cubiculum tenebrosum introducto solari radio, lineam lucidam recta protensam observamus. Verum accurate rectilineam luminis propagationem neque in distantiis majoribus, neque etiam in minoribus nos admittimus, quod deinde explicabimus ubi de lucis transitu per diversa media tractabimus. Interim recordari satis erit experimentum jam alias memoratum; si nempe solaris radius intra obscurum cubiculum exceptus prope corporum extrema transeat, ille per rectam progredi non observatur, sed ad corporis extremitatem inflecti atque incurvari manifeste deprehenditur; quod quidem experimentum nulla ratione explicare poterunt Peripatetici, neque etiam fortasse Cartesiani.

Inst. II. Effluviorum hypothesis eam potissimum ob causam adhiberi videtur, ad explicandam nempe successivam luminis propagationem; nulla autem est hujus hypotheseos hac in re utilitas. Et quidem consideremus globulos duos æquales & elasticos quorum diameter dicatur, d; unus autem alium quiescentem percutiat velocitate v, dicaturque, a, spatium inter globi percussi extremitatem posteriorem comprehensum; evidens est ex demonstratis in Physica generali conflictuum legibus, globuli percutientis extremitatem anteriorem describere spatium, a, tempore $\frac{a}{V}$ quo nempe attinget globulum alterum; deinde extremitas anterior globi percutientis & extremitas posterior globi percussi movebuntur

communi velocitate $\frac{V}{2}$, hoc est, globulus qui antea movebatur velocitate V, amittet velocitatem $\frac{V}{2}$ quam globus alter acquiret. Jam dicatur x, ſpatium quod punctum contactus percurrit, intereadum globulus elaſticus comprimitur & relaxatur, punctum contactus percurret ſpatium x, velocitate $\frac{V}{2}$, tempore $\frac{2x}{V}$, ut patet. Tunc primus globulus quieſcit, & extremitas anterior globuli percuſſi deſcribit ſpatium quodlibet, c, velocitate V, tempore $\frac{c}{V}$. Jam vero ſpatium inter locum quem ante ictum occupabat globi percutientis extremitas anterior, & inter locum quem occupabat extremitas anterior globuli percuſſi, patet eſſe $= \frac{a + x + c + d}{V}$. Quare ſi duo tantum fingantur globuli, erit differentia temporis in hypotheſi *emiſſionis & preſſionis* $= \frac{d - x}{V}$. Si ponantur tres globuli, differentia fiet $\frac{2d - 2x}{V}$, & ita deinceps; poſitoque globulorum numero n, valde magno, differentia erit quamproxime $= \frac{nd - nx}{V}$; ac

pro-

proinde si fiat $d = x$, nulla erit temporis differentia, hoc est, lucis propagatio eodem omnino tempore fiet, in utraque hypothesi pressionis vel emissionis. Itaque inutilis omnino est hypothesis illa, si propagationis successivæ phœnomenis æque satisfaciat pressio Cartesiana, atqui &c. Ergo .... Resp. N. Min. Hæc subtilissima & accuratissime demonstrata objectio iis tantum adversatur Physicis & quidem plurimis, qui ex successiva lucis propagatione corpusculorum emissionem ostendere conantur, quod quidem immerito faciunt nisi hac ratiocinatione utantur: in præcedenti formula $\frac{nd - nx}{V}$, differentia temporis in uno duntaxat casu fit nulla, dum nempe $d = x$, hoc est, si globuli unius diameter spatio percurso, x, æqualis sit; in alio autem quolibet casu aliqua habetur temporis differentia. Quare pressionis hypothesi unicus tantum casus patrocinatur, cæteri omnes infiniti adversantur. Hæc quidem ratiocinatio valde probabilis est, non tamen vim demonstrationis obtinet; atque ea de causa corpusculorum emissionem non ex successiva lucis propagatione ostendimus, sed contra ex radiorum emissione successivam luminis propagationem demonstravimus.

Objic. adversus II. partem. Validissimum successivæ propagationis argumentum ab omnibus reputatur illa temporis differentia quam in Satellitis intimi Jovialis eclipsibus observant Astronomi, pro varia Satellitis a tellure distantia. At Joannes Dominicus Cassinus hunc propagationis successivæ effectum non observavit in aliorum Satellitum eclipsibus; imo ne in ipso quidem Satellite intimo constans depre-

hea-

henditur effectus ille. Etenim si Jupiter, dum est in minima vel maxima a tellure distantia, sit simul in minima a Sole distantia, minus remotus est a terra quam si fuerit in maxima a Sole distantia, & differentia distantiarum æqualis erit differentiæ distantiarum Jovis a Sole quæ proxime æqualis est dimidiæ distantiæ Solis a terra, ut notum est ex Astronomia. Quare, cæteris paribus, in primo casu per tria saltem minuta citius lumen propagari deberet quam in secundo, ac proinde citius in primo quam in secundo casu conspicuæ forent eclipses, quæ tamen temporis differentia non observatur. Igitur ex observationibus astronomicis id tandem colligi potest: successivam lucis propagationem non demonstrat illa temporis differentia quæ nec constanter observatur nec talis apparet qualem postularent successivæ propagationis phœnomena, atqui &c.... Resp. Dist. Maj. Non observatur ob prætermissas correctiones omnino necessarias C. Maj. adhibitis correctionibus necessariis N. Maj. D. Min. N. Conf. In tabulis astronomicis quas adhibuit Cassinus & quibus deinde usi sunt alii plurimi, omissæ fuerunt correctiones nonnullæ quas tamen necessario postulabant Satellitum Jovialium motus. Correctiones illas hic explicare non licet, cum sine doctrina astronomica intelligi non possint. Satis erit observare pro varia Satellitum positione varios omnino esse & nequaquam negligendos errores ex mutua illorum attractione oriundos. Accuratiores Satellitum Jovialium tabulas ediderunt celeberrimi Astronomi Hallejus & Bradlejus, qui omnem, quantum in re subtilissima fieri potest, adhibuerunt diligentiam, per tringita & amplius annos. Satellitum motus exquisitis telescopiis persecutus

tus

tus est vir peritissimus D. Pound cujus observationes cum doctrina astronomica accurate consentiunt. Itaque nullum jam superest diligentioribus Astronomis dubium quin eadem valeat in omnium Satellitum eclipsibus temporis differentia, proportione servata. De Satellitum erroribus & correctionibus adhibendis legantur clariss. D. De Lisle litteræ ad Astronomos datæ an. 1750.

Inst. I. Si ea sit lucis celeritas ut a Sole ad nos perveniat tempore octo minutorum circiter; lux e stellis ad nos devenire non poterit nisi post longissimum tempus. Etenim licet ignota sit stellarum a tellure distantia, certum tamen est eam immanem esse & vix cum distantia solis comparandam. Hinc facile colligitur stellas a nobis videri per lumen post plures annos emissum, imo post plura annorum millia. Itaque admittenda non est hæc hypothesis quæ tot absurda & minime credibilia continet, atqui &c. Ergo.... Resp. N. Min. Minime absurda sunt hæc quæ objiciuntur, licet minus credibilia videri possint iis qui sensuum præjudiciis assueti magnitudines omnes intervallaque omnia & tempora ex crassioribus sensuum observationibus & præjudicatis opinionibus definiunt. Et quidem certum omnino est lucis radios successive propagatos a remotioribus stellis ad nos pervenire non potuisse nisi post plura sæcula; si autem supremus rerum omnium conditor stellas statim post mundi creationem videri voluerit, simul quoque creavit luminis vestigia a stellis ad nos usque protensa; alioquin inter stellas fixas esse possent aliquæ e quibus nondum ab initio mundi lux ad nos pervenisset. Cæterum si immensa hæc lucis vestigia statim Deus non creaverit, fieri posset ut aliquæ remotis-

motiſſimæ ſtellæ poſt multa annorum millia videri inciperent & pro ſtellis novis haberentur. Porro in his omnibus nihil eſt quod vel tantiſper repugnet.

Inſt. II. Admiſſa ſucceſſivæ propagationis hypotheſi, jam in corporum cæleſtium motibus duæ correctiones adhibendæ ſunt, una ſcilicet ex luminis propagatione, altera autem ex ipſo objecti motu. Et quidem dum objectum lucem emittere incipit, non ſtatim hoc ipſo inſtanti conſpicitur, ſed eo tardius obſervatur quo major fuerit inter objectum & ſpectatorem diſtantia. Si objectum & ſpectator quieſcant, nullum in directione objecti diſcrimen eſſe poteſt; at ſi interim moveatur objectum, locus apparens qui ad primam radii directionem refertur, maxime differet a loco vero, ſi objecti diſtantia ſit valde magna. Ita ob maximam ſtellarum diſtantiam, loca illarum apparentia a veris immaniter diſcreparent, neque vera illarum diſtantia ullo modo poſſet definiri. Hæc autem graviſſima difficultas evaneſcit, ſi inſtantanea ſit lucis propagatio; non ſolum enim objecta eo ipſo inſtanti quo lucem emittunt, ſtatim apparerent, ſed etiam ſecundum ipſam radii directionem viderentur, neque ſpectatoris vel objecti translatio diſcrimen ullum afferre poſſet. His premiſſis ſic tandem concluditur. Hypotheſis illa omnino repugnat quæ univerſam turbaret Aſtronomiam, atqui &c. Ergo .... Reſp. C. Maj. N. Min. Hæc objectio occaſionem præbet explicandæ correctionis aſtronomicæ quam lucis *aberrationem* appellant. Hujus aberrationis duplicem caſum conſiderabimus; vel movetur objectum lucidum, quieſcente ſpectatore; vel contra movetur ſpectator, interim quieſcente objecto lucido.

Pona-

Ponamus ex objecto lucido, O (Fig. 5.) emanare radium qui, objecto quiescente ad oculum spectatoris pertingeret secundum directionem, OE, celeritate, c. Deinde fingamus ipsum objectum progredi secundum directionem, OV, velocitate, s, evidens est, completo parallelogrammo, OVEA, directionem radii incidere in diagonalem, OA, atque objectum spectatori apparere in O, quamvis revera sit in V. Itaque locus verus a loco apparente discrepabit angulo, OAV. Jam capiatur, OV : OE = s : c, erit velocitas radii OA, ad velocitatem secundum OE ut OA ad OE. His præmissis jam facile invenitur angulus OAV. Sinus anguli, AOV, dicatur, m; ducta ex puncto V, perpendiculari VP, ad diagonalem OA, erit, VP, ad OV, ut sinus anguli AOV ad sinum totum, ac proinde sumpta unitate pro sinu toto erit VP = ms; sed in triangulo VPA, sinus anguli OAV est ad sinum totum, ut PV ad AV vel OE; quare habebitur sinus anguli quæsiti $= \frac{VP}{AV} = \frac{ms}{c}$.

Jam quiescat objectum in puncto O, (Fig. 6.) spectator vero promoveatur in recta AE, velocitate r; dum in A versatur, excipiet radium ex objecto propagatum per directionem OA. Quia vero radius secundum directionem OA, celeritate, c, impingit in oculum qui moveri ponitur celeritate, r, secundum directionem AE, patet radii motum dividi posse in duos quorum unus PA sit normalis ad AE, alter OP congruat cum directione AE. Quare si OA, exprimat lucis celeritatem, c, erit PA ut celeritas normalis ad AE, & OP erit celeritas secundum di-

directio-

rectionem EA, quæ cum sit contraria celeritati oculi, r, eundem præstabit effectum ac si augeretur velocitate, r, & in oculum quiescentem incurreret. His præmissis capiatur OA : AE = c : r, augeaturque celeritas radii OP, parte OQ = AE, atque oculus in A, quiescens radium excipiet, cujus motus erit compositus ex motu PA, & motu QP; unde resultabit radius QA, in cujus directione objectum a spectatore in A constituto cernetur. Igitur spectatori qui, etiamsi moveatur in A, tamen quiescere sibi videbitur, objectum apparebit sub Angulo QAE, quod tamen appareret sub angulo OAE, si lux propagaretur in instanti. Quare angulus QAO est differentia inter locum verum & apparentem. Jam anguli apparentis QAE sinus dicatur, m, sitque OA = c, OQ = AE = r, evidens est anguli QAO sinum esse $= \frac{mr}{c}$, prorsus ut ante.

Hi sunt duo casus propositi in quibus patet eadem plane ratione inveniri angulum aberrationis; in primo casu data est ratio celeritatis lucis ad celeritatem objecti, in altero autem datur ratio celeritatis lucis ad celeritatem spectatoris. Evidens autem est eo majorem esse aberrationis angulum quo maior est ratio velocitatis objecti vel spectatoris ad velocitatem lucis. Duo præcedentes casus ad Astronomiam transferri possent; sed res ad præsentem locum non pertinet; breviter observare satis sit per *objectum* designari posse stellam aliquam, & per *spectatorem* posse intelligi terram ipsam, si motum terræ fingere liceat. Jam ob minimam rationem velocitatis terræ ad velocitatem lucis, patet minimam omnino

mnino fore loci veri & apparentis variationem, quam tamen in hac etiam hypothesi non negligunt Astronomi. At si loco diurni terræ motus, similis motus tribuatur syderibus, aberratio fit maxima. Itaque præcedens objectio nostræ conclusioni minime repugnat, cum hanc fateamur lucis aberrationem quæ omnino negari non potest. Cæterum difficultates quæ adversus telluris quietem inde nasci possent, explicare non est hujus loci; hanc eandem doctrinam commode revocabimus ubi sermo erit de mundi systemate.

ARTICULUS II.

De lucis reflexione.

I. Quamvis præsens Articulus de reflexione inscribatur, nonnulla tamen quæ reflexioni & refractioni communia sunt, perspicuitatis ergo præmittemus. Si lucis radius medium aliquod trajiciens in medium aliud diversæ densitatis vel naturæ deinde transeat, directionem mutat; idque duplici modo fieri potest; si nempe radius medium penetrare non possit, in illius superficie reflectitur; sin contra medium possit pervadere, refringitur. Porro dum dicimus reflexionem fieri in corporis superficie, id debet intelligi dumtaxat de reflexione *quoad sensum*; hanc enim quæstionem utrum reflexio in contactu fiat vel prope contactum, speciali conclusione deinde examinabimus. Sit AC (Fig. 7.) radius ex aere in vitri superficiem PQ, incidens; ex puncto C, in quo radius superficiei occurrit, erigatur perpendicularis MD, ad ipsam superficiem; punctum C, dicitur *punctum incidentiæ*, recta MD, *cathetus incidentiæ*

cidentiæ & angulus ACM, vel ipsi æqualis DCB, *angulus incidentiæ* vocatur. Si radius incidens AC, vitrum penetrare non possit, mutata directione per CI, reflectitur, efficiendo angulum MCI, qui *angulus reflexionis* appellatur. At si radius incidens AC, vitrum penetrare possit, mutat quidem primam directionem CB, sed refractionem patitur versus CT, atque angulus DCT dicitur *angulus refractus*, TCB *angulus refractionis*, CT vocatur *radius refractus*, CE *sinus anguli incidentiæ*, & TH *sinus anguli refracti*.

II. Ex præcedentibus definitionibus evidens est angulum reflexionis vel refractionis jacere in eodem plano cum angulo incidentiæ, illudque planum ad superficiem medii perpendiculariter insistere; etenim hujus anguli positio pendet ex catheto incidentiæ qui ad eamdem superficiem perpendicularis est. Accuratissimis experimentis compertum est sinum anguli reflexionis vel refractionis esse semper ad sinum anguli incidentiæ in data ratione; nempe in reflexione, ratio illa semper est *æqualitatis*, quantum experimentis in re subtilissima innotescere potest; in refractione autem, *constans* quidem est in eodem medio sinuum ratio, at pro mediorum diversitate varia est. Ita si punctum lucidum transeat ex aere in aquam pluvialem, sinus anguli refracti est ad sinum anguli incidentiæ ut 3 ad 4 circiter; si transeat ex aere in vitrum, ratio sinuum est ut 2 ad 3; & viceversa in transitu ex aqua in aerem ratio est ut 4 ad 3; ex vitro in aerem ut 3 ad 2. Inde autem facile colligitur radium perpendiculariter incidentem in ipsam medii superficiem, vel reflecti in seipsum, vel medium ipsum recta permeare sine ulla refractione. Et quidem in hoc casu, sinus

nus anguli incidentiæ = o, ac proinde & sinus anguli reflexionis vel anguli refracti = o, ideoque radius coincidit cum catheto incidentiæ.

Si radius lucis sub quocumque angulo in medium incidat illudque non permeet, reflecti semper poterit. Verum si anguli incidentiæ sinus, ex natura medii, minor sit anguli refracti sinu, radius non semper poterit medium penetrare, hoc est, in angulis incidentiæ certi sunt limites ultra quos radius refringi non potest, nec proinde e medio in quo est emergere & in alterum transire; quod exemplo illustrabimus. Ponamus punctum lucidum ex aere in aquam incidere sub angulo fere 90°, angulus refractus foret 48° $\frac{1}{2}$, cum sinus totus vel sinus incidentiæ sit ad sinum anguli refracti ut 4 ad 3, ex qua ratione invenitur angulus refractus 48° $\frac{1}{2}$ circiter. Quare si angulus ex aqua transeat in aerem sub angulo incidentiæ 48° $\frac{1}{2}$, emergere debet ex aqua radendo illius superficiem efficiens angulum refractum circiter 90°. At si radius angulum incidentiæ efficeret majorem 48° $\frac{1}{2}$, tunc sinus anguli refracti foret major sinu toto, quod est absurdum; fieri ergo non potest in hoc casu ut radius emergat; & re quidem ipsa experimento compertum est hunc radium reflecti e superficie communi aeris & aquæ atque in aqua remanere.

III. Ex æqualitate angulorum incidentiæ & reflexionis tota pendet speculorum doctrina. Intelligatur punctum aliquod O, (Fig. 8. 9. 10.) positum in axe speculi sphærici concavi vel convexi MAB, sitque radius incidens, OM, axi AO, infinite proximus, inveniri poterit punctum F in quo radius reflexus ex puncto M, axi occurrit. Ducatur ex centro, C,

C, ſuperficiei ſphæricæ recta MC, quæ cum ſit perpendicularis ad ſuperficiem ſpeculi in puncto incidentiæ M, hæc erit cathetus incidentiæ. Igitur angulus OMG vel CME eſt angulus incidentiæ, factoque angulo CMF, æquali angulo OMD, erit MD radius reflexus, axi OA, occurrens in F.

Commoditatis & facilitatis cauſa analytice exhibebimus rectam AF, vel ipſi æqualem MF, ut patet; cum infinite proximæ ſint rectæ OM, OA. Sit OA vel MO, diſtantia objecti a ſpeculo $= \pm d$, (ſummatur ſignum $+$, ſi ſpeculum ſit concavum, & ſignum $-$, ſi ſit convexum); hæc autem ſignorum determinatio intelligitur ex demonſtratis in Arithmetica de quantitatibus poſitivis & negativis; etenim poſitio radii incidentis OM conſideratur reſpectu ſemidiametri AC. Sit AC $= r$, FA vel FM $= f$, erit FC $= r - f$ (Fig. 8. & 10.) vel $= f - r$ (Fig. 9.) & CO $= - r + d$ (Fig. 8) vel $= r - d$ (Fig. 9.) $= r + d$ (Fig. 10.). Sed (ex elem. Geom.) CO : CF = MO : MF, hoc eſt (Fig. 8. & 9.) $\mp r \pm d : \pm r \mp f = d : f$; quare in omnibus ſpeculis concavis $f = \frac{dr}{2d - r}$. Præterea (Fig. 10.) in triangulo, CMO, habetur CO : MO = Sin. CMO vel FMC : Sin. MCO vel MCF; ſed in triangulo FMC, habetur quoque Sin. FMC : Sin. MCF = CF : FM. Quare CO : CF = MO : MF, vel $r + d : r - f = d : f$. Itaque in ſpeculis convexis erit $f = \frac{dr}{2d + r}$; ac tandem in qualibet ſpeculorum ſphæricorum ſpe-

ſpecie prodit $f = \frac{dr}{2d+r}$. Porro obſervandum eſt hanc formulam non valere, niſi radius incidens OM ſit axi OA valde proximus, aut niſi ſuperficies AM ſpeculi inter radium incidentem & axem AO comprehenſa ſit valde exigua ſuperficiei ſphæricæ portio. Ita (Fig. 8. & 10.) cum ſit ſemper MF major quam AF, quo magis radius incidens OM, diſtat a puncto A, eo magis radius reflexus MF, accedit ad punctum A; facile autem Trigonometriæ ope innoteſcit accurate recta AF, dato arcu AM. Etenim in triangulo OCM, præter latera OC, CM, datur angulus MCO, cujus menſura eſt arcus AM, ac proinde inveniri poſſunt anguli COM, CMO & latus MO. Deinde in triangulo FMO dantur latus MO, angulus FOM, & angulus FMO, quare habebitur latus OF, ac proinde & AF.

IV. Ex his principiis pendent omnia ſpeculorum ſphæricorum phœnomena. Si radius incidens OM, ſit axi OA, parallelus, hoc eſt, ſi objectum ad diſtantiam infinitam ſit conſtitutum, jam angulus EMC æqualis foret angulo FCM & triangulum CMF eſſet iſoſceles; cum duo illius anguli communem habeant menſuram nempe arcum AM. Id vero ad ſolares radios transferri poteſt, ſunt enim quamproxime paralleli. Generatim autem cum radii lucis emanantes ex puncto A, & in ſpeculi ſuperficiem prope punctum A incidentes, in ſpeculis concavis prope punctum F, colligantur, patet cur ſpecula illa ſint *cauſtica* ſeu vim comburendi habeant, ſi tanta ſit radiorum copia ut aliquam caloris ſenſationem

in

in nobis excitare valeant radii illi etiam directe emissi. Hinc factum est ut punctum illud vel spatium in quo radii colliguntur, *focus* appellari soleat. Cæterum evidens est radiorum illorum vim pendere ex illorum densitate atque etiam qualitate.

Radii solares in speculum incidentes tamquam physice paralleli haberi solent; id tamen verum non est accurate; oporteret enim solem omni diametro sensibili carere, tuncque propter immensam ejus distantiam, radii sub angulo fere nullo in speculi superficiem inciderent ac proinde haberi possent tanquam paralleli; at diameter apparens solis est circiter dimidii gradus; quare radii ex disci solaris extremitatibus emanantes cadunt in superficiem speculi sub angulo gradus dimidii, ac proinde post reflexionem in eodem puncto non concurrunt, sed tota ejusdem anguli magnitudine ab eodem puncto aberrant; atque huic causæ etiam aliqua ex parte tribuendum est quod radiorum focus puncto non terminetur, sed aliquod spatium occupet.

V. Præcedentes formulæ mira facilitate exhibent quidquid pertinet ad specula convexa vel concava. Ponamus distantiam objecti a speculo esse infinite parvam; jam ob $\pm d = \frac{1}{\infty}$, fiet $f = \frac{-dr}{2d \pm r} = \frac{-1}{\pm\infty}$. Quare in speculo concavo signum — demonstrat objecti imaginem jacere ad partem semidiametro concavitatis oppositam; cùm semidiameter ponatur $= r$; igitur imago in hoc casu est pene speculum. At in speculo convexo contraria ratione patet imaginem semper positam esse versus speculi convexitatem. Quia vero in for-

formula $= \frac{d}{2d+r}$, valor, f, non poteſt fieri negativus, quicumque ponatur valor ipſius, d, hinc colligitur in ſpeculo convexo, quæcumque ſit objecti diſtantia, imaginem convexitatis centro ſemper obverti.

Ponatur d, minor quam $\frac{1}{2}$r vel 2d minor quam, r, erit 2d − r quantitas negativa, ac proinde in ſpeculo concavo erit valor, f, negativus; quare imago objecti erit pone ſpeculum. Si ponatur d $= \frac{1}{2}$r, fiet f $= \frac{\frac{1}{2}r}{0} = \infty$, ac proinde ſi objecti diſtantia quartæ parti axis æqualis ſit, imago ad diſtantiam infinitam projicitur in ſpeculo concavo, ſive quod idem eſt, radii lucis ex objecto in ſpeculum incurrentes reflectuntur paralleli. At in ſpeculo convexo ſi ponatur − d $= \frac{1}{2}$r, erit f $= \frac{1}{4}$r.

Si ponatur, d, major quam $\frac{1}{2}$ r vel 2d major quam, r, in ſpeculo concavo formula fieri non poterit negativa, ac proinde imago concavitati ſemper obvertetur. Jam formula in proportionem reducatur, erit d : 2d − r $=$ f : r; quia vero, d, major eſt quam $\frac{1}{2}$ r & minor quam r, antecedens, d, major erit quam conſequens 2d − r, ac proinde, f, major eſt quam r, quare imago eſt ultra centrum. Si ponatur, d $=$ r, erit 2d − r $=$ d, & f $=$ r; quare in ſpeculo concavo ſi objectum in centro conſtituatur, imago quoque in centro jacebit. At in ſpeculo convexo ſi fiat − d $=$ r, erit f $= \frac{1}{3}$ r. Inde autem intelligere eſt cur oculo inter quartam axis partem & centrum ſpeculi concavi conſtituto, objecti imago evaneſcat; eſt enim pone oculum; ad diſtantiam infi-

infinitam projicitur, si oculus in quarta parte axis constitutus sit; ex infinito autem ad centrum regreditur ibique cum oculo confunditur, si oculus inter quartam axis partem & centrum fuerit locatus; tunc vero in speculo confusa turbataque fiunt omnia, cum oculus seipsum undequaque videat.

Si ponatur, r, minor quam, d, in proportione $d : 2d - r = f : r$, antecedens, d, minor erit quam consequens $2d - r$, quare f erit minor quam r. Si fiat $d = \infty$, tunc formula generalis evadit $f = \frac{1}{2} r$. Hactenus persecuti sumus phœnomena quæ pertinent ad imaginis locum in speculis concavis vel convexis, nunc imaginis situm & magnitudinem breviter considerabimus.

VI. Si arcus circuli OPQ (Fig. 11. 12.) speculo sphærico BAD concentricus objecti instar consideretur, imago, opq, erit quoque arcus concentricus major vel minor pro majori vel minori a centro speculi C, distantia; præterea imago hæc erit recta, hoc est, imaginis & objecti idem erit situs, si imago & objectum ad easdem jaceant partes respectu centri speculi; contra vero imago erit inversa, si centrum C, inter imaginem & objectum fuerit constitutum. Etenim cum arcus OPQ sit ipsi BAD concentricus, rectæ OB, PA, DQ, per centrum C, transeuntes & in quibus locatæ sunt imagines, o, p, q, punctorum O, P, Q, sunt æquales inter se; quare, d, qui illarum rectarum valorem exprimit in formula generali erit quantitas constans, ac proinde ob quantitatem constantem, r, erit etiam, f, quantitas constans, hoc est, rectæ oB, pA, qD æquales sunt; ac proinde, opq, OPQ, BAD, sunt arcus concentrici. His positis evidens est, imagine

&ob-

& objecto ad eandem partem respectu centri constitutis (Fig. 12.) imaginem & objectum eundem situm habere, cum singula imaginis puncta posita sint in eadem semidiametro per analoga objecti puncta transeunte. At si imago sit ultra centrum respectu objecti (Fig. 11.) cum rectæ in quibus sunt singularum objecti partium imagines, per centrum speculi necessario transeant, rectæ illæ quæ ex puncto supra axem per medium objectum transeuntem emanant, infra axem occurrunt, ubi per centrum transierunt & viceversa. Ergo si aliqua ex his rectis quæ sunt supra axem, proficiscatur ex parte superiori objecti quæ proinde etiam supra axem posita est, imago hujus partis jacebit infra, cum in ea recta non pingatur, nisi postquam recta illa per centrum transivit. Evidens etiam est totam objecti imaginem ut pote lineis ad centrum concurrentibus comprehensam eo minorem esse quo propior est speculi centro, & contra. Ex dictis etiam manifestum est in speculo convexo semper rectam esse imaginem objecti in arcum speculo concentricum conformati; hæc enim imago objectumque ipsum sunt ultra centrum; decrescit autem imaginis magnitudo quo magis removetur objectum; imago enim accedit ad centrum. In speculo concavo imago etiam recta est crescitque illius magnitudo, si objectum inter superficiem & quartam axis partem sit collocatum, decrescit deinde & fit inversa dum objectum inter quartam axis partem & centrum constituitur; crescit deinde & inversa manet, si objectum ultra centrum progrediatur. Tandem ex demonstratis colligitur, eo minorem esse objecti imaginem quo minor est speculi radius, cæteris paribus. Cæterum hæc omnia in objectis cujuscumque fi-

guræ valere non possunt accurate; attamen si objecta ita sint exigua ut illorum latitudo tanquam arcus speculo concentricus possit considerari, facile intelliguntur prædicta speculorum phœnomena; at si objecta figuram sphæricam non habeant speculo concentricam, jam illorum imagines eo magis difformes apparent quo major est illorum superficies & quo minor est speculi radius. E. G. Si linea recta speculo sphærico objiciatur, curvilinea esse debet illius imago; etenim cum singula hujus rectæ puncta inæquales habeant a speculo distantias; punctorum illorum imagines in diversis quoque repræsentabuntur distantiis. Hinc patet eo magis deformatas esse imagines, quo magis quartæ axis parti proximum est objectum in speculo concavo; atque tantilla in objecti distantiis mutatio, partium imagines maxime turbat.

VII. Speculorum planorum proprietates ex præcedenti formula facile etiam colligere est; etenim in speculis sphæricis ponatur radius sphæricitatis infinitus, nempe $r = \infty$, formula $f = \frac{dr}{2d-r}$ abit in hanc $f = -d$. Hinc colligitur in speculis planis eandem esse pone speculum imaginis distantiam quæ est objecti distantia ante speculum, atque evidens quoque est in situ recto semper positam esse objecti imaginem. Quia vero in speculis sphæricis, singulorum objecti punctorum imagines sunt in recta per centrum & per puncta illa transeunte ac proinde ad speculi superficiem perpendiculari, patet singulorum punctorum imagines in speculo plano esse in perpendiculari ducta ex puncto quolibet ad superficiem speculi. Tandem cum perpendiculares ex objecti

jecti extremitatibus ad ſpeculum ductæ, ſint inter ſe parallelæ quæ proinde ad diſtantiam infinitam duntaxat poſſunt concurrere, manifeſtum eſt imagines his rectis comprehenſas objecto æquales eſſe, quoad ſingulas dimenſiones. In ſpeculo plano horizontaliter collocato, objecta in ſitu recto poſita apparent inverſa, & contra ſi ſpeculum ſit inclinatum, ſingula objecta in partem contrariam inclinata videntur. Si ſpeculum ſub angulo 45° inclinatum ſit, objecta horizontaliter poſita in ſitu verticali apparent, & contra objecta verticaliter poſita in ſitu horizontali conſpiciuntur, quod quidem evidens eſt, cum objecti partes ſingulæ pone ſpeculum ſint poſitæ, & quæ ſunt anteriori ſuperficiei proximiores propius quoque pone ſpeculum repræſententur & contra.

VIII. Alias ſpeculorum proprietates ex præcedentibus demonſtrationibus facile colligendas prætermittimus, ſed ſilentio præterire non licet præclariſſima experimenta quæ de radiis ſolaribus per ſpecula plana collectis habuit vir clariſ. D. De Buſon. Speculum adhibuit ex 168. ſpeculis planis compoſitum; illa autem ſpecula tali artificio erant inter ſe connexa ut facili manu in omnes partes converti poſſent. Rebus ita comparatis, ſolares radios ſpeculis planis excipiebat atque ita deinde dirigebat ut ſingulorum radiorum imagines in eodem ſpatio coinciderent. Tantam vim atque efficaciam acquiſiverunt collecti hoc modo radii, ut ad diſtantiam ducentorum pedum ex ligno flammam excitare potuerint. Hæc autem experimenta aliquam fidem & autoritatem conciliare poſſent ſpeculo, quo Archimedes Romanorum claſſem Syracuſas obſidentium in flammas redegiſſe fertur. De hoc ſpeculo jam ab

antiquiſſimis Scriptoribus tradito ſatis accurate mentionem fecerunt Zonaras & Tzetzes Scriptores græci qui ſæculo duodecimo floruere; Illud vero ſpeculum ita memorat Tzetzes ut deſcripto ſpeculo ſimillimum omnino ſit. Sed quidquid ſit de ſpeculo Archimedis, certum omnino videtur ſpecula ſphærica tantam vim concipere non poſſe ut ad magnam diſtantiam comburere valeant. Re quidem vera ſi mediocris ſit foci a ſpeculo diſtantia, in ſpatium ita anguſtum rediguntur radii ut comburendi vim retineant. At ſi maxime augeatur foci diſtantia, magis ac magis diſperguntur radii & debiliores fiunt. Imo ſi focus ad talem diſtantiam ponatur conſtitutus ut ſpeculi diameter ſub angulo 32 conſpiciatur, nihil plus efficaciæ haberent radii in foco collecti quam ſi ope ſpeculi plani in eundem focum immiſſi fuiſſent, quod quidem facile patet ex præcedentibus & præſertim ex num. 4. Præterea cum Sphæricitatis radius propoſita diſtantia duplo major eſſe debeat (ex demonſtratis,) ſpeculum quod ad tantam diſtantiam vim comburendi retineret, ingentis ſphæræ ſegmentum eſſe oportet; porro humanam induſtriam ſuperare videtur accurata, quæ neceſſaria omnino eſt, ingentium ſphærarum conformatio. Vim comburendi habere ſpecula elliptica & parabolica, patet ex iis quæ de ſonorum propagatione demonſtravimus; Verum ſi ſpecula illa ſint valde magna, illorum ſtructura eadem laborat difficultate aliiſque incommodis plurimis. Et re quidem vera Clariſs. Dufay hæc ſpecula in diſtantiis etiam non valde magnis adhibuit & ſucceſſu caruere. Quæ cum ita ſint, ſi Archimedeo ſpeculo credendum ſit, Scriptorum fide & phyſicæ ratiocinationis autoritate conſtat ſpeculum

lum illud fuisse vitrum polygonum, eo quem diximus modo, comparatum. Neque tamen sperandum est ad distantiam quamlibet, aucto speculorum numero, vim comburendi propagari posse; huic enim efficaciæ sui sunt & quidem satis angusti limites; est enim radiorum intensitas, cæteris paribus, in ratione reciproca duplicata distantiarum, ut demonstravimus in Physica generali de virtute qualibet per radios ex puncto aliquo uniformiter diffusa. Præterea huic intensitatis decremento jungi etiam debent variæ reflexiones atque impedimenta plurima quibus per longiorem atmosphæræ tractum obnoxii sunt radii. Sed quidquid sit de horum speculorum limitibus, certissimum est ea esse posse utilitatis maximæ præsertim in arte Chemica.

ARTICULUS III.

De lucis refractione.

I. ANtequam refractionis causam physicam investigemus, formulam generalem exhibebimus cujus ope refracta alicujus objecti imago inveniri potest. Sit O, objectum positione datum (fig. 13. 14.) & BAI superficies sphærica refringens, cujus radius AK, sitque sinus anguli incidentiæ ad sinum anguli refracti ut p ad q. Per punctum O, & centrum K, ducatur recta indefinita, OK. Sit OI radius incidens axi OA infinite proximus, agaturque ex centro K ad punctum incidentiæ I semidiameter KI, qui erit cathetus incidentiæ. Ad radium incidentem OI, si necesse sit, productum, demittatur ex centro perpendicularis KG quæ erit sinus anguli incidentiæ OIN, vel KIG; quare fiat

p ad q ut KG ad quartum terminum proportionalem cujus intervallo tanquam radio & centro K describatur arcus, ad quem ex puncto I ducatur tangens IH quæ occurret axi AO in puncto quæsito P. Nam ducta recta KH, ad punctum contactus, hæc erit sinus anguli KIP, qui proinde erit angulus refractus respectu radii incidentis OI. Quia vero eadem constructio valet pro singulis radiis ex puncto O, in superficiem refringentem incidentibus & puncto A, infinite proximis, evidens est radios illos ita refringi ut singuli dirigantur ad punctum P, in quo proinde jacet focus vel imago. Facile autem analytice exprimi potest recta AP. Sit OA vel OI $=$ d, radius sphæricitatis KI vel AK $= +$ r, nempe $+$ r, si objectum convexitati obvertatur (fig. 13.) & $-$ r si obvertatur cancavitati (fig. 14.) sit AP vel IP $=$ f, jam (per constructionem præced.) p : q $=$ KG : KH, ac proinde $KG = \frac{p \times KH}{q}$. Sed ob OI, OA rectas infinite proximas, arcus AI considerari potest tanquam rectula ad axem OA perpendicularis, quare simila sunt triangula rectangula OAI, OKG, atque etiam triangula PAI, PKH. Ergo OK : OI $=$ KG : $AI = \frac{OI \times KG}{OK}$, & KH : AI vel, $\frac{OI \times KG}{OK} =$ PK : PI vel PA. Igitur $PA = \frac{OI \times KG \times PK}{OK \times KH}$. Substitutisque valoribus f $=$ dpr-

$$\frac{dpr}{dp-q(d+r)} = \frac{dpr}{d(p-q)-rq}$$, pro superficiebus convexi; & $f = \frac{dpr}{d(q-p)-rq}$ $= \frac{dpr}{q(d-r)-dp}$ pro superficiebus concavis.

II. Hæ generales formulæ non secus ac in articulo præcedenti tractari possunt, quod paucis exemplis demonstrabimus. Si radius transeat ex aere in vitrum, erit $p = 31$, $q = 20$, ac proinde $f = \frac{31\,dr}{11\,d - 20r}$ in primo casu; in secundo autem $\frac{31\,dr}{-11\,d - 20r}$. Jam ponantur duo media homogenea in infinitum extensa, puta aer & vitrum, quæ duo media superficie sphærica dirimantur, fingamus hanc superficiem aeri convexitatem obvertere & objectum aliquod lucidum atque exiguum ab illa superficie per aerem recedere in infinitum secundum directionem huic superficiei perpendicularem, in formula $f = \frac{31\,dr}{11\,d - 20r}$, pro variis conditionibus, nempe pro diversis valoribus distantiæ, d, determinabitur positio imaginis, non secus ac factum est in speculis sphæricis. In sequentibus exemplis valor distantiæ, d, exprimet partes ipsius, r, sumpta, r, pro unitate.

Si valor, d, maneat inter $d = \frac{11}{\infty}$, & $d =$

$d = \frac{11}{20}$, erit, f, quantitas negativa cujus valor crescet in infinitum, ideoque imago extra vitrum & ad partes objecti semper posita erit; nam valor, f, positivus exprimit distantiam superficiei refringentis ab imagine ultra hanc superciem posita respectu objecti. Hæc autem imago semper erit recta, recedet deinde ab illa superficie magis ac magis in infinitum, atque radii qui vitrum permeant suoque concursu imaginis locum determinant, fient minus ac minus divergentes, donec tandem evadant paralleli. Si valor, d, maneat inter $d = \frac{11}{20} r$ & $d = \infty r$, est semper, f, quantitas positiva, imago intra vitrum situ inverso pingitur, versus superficiem refringentem deinde progreditur usque ad distantiam $\frac{31}{11} r$ & radii qui vitrum permeantes hanc formant imaginem atque antea paralleli, magis ac magis convergent.

Si autem superficies media dirimens aeri concavitatem obvertat, tunc $f = \frac{31 dr}{-11d - 20r}$, ac proinde quæcumque sit distantia objecti a superficie, seu quicumque sit valor ipsius, d, erit semper f quantitas negativa, ideoque imago extra vitrum & in situ recto semper est constituta. Si crescat d inter $\frac{1}{\infty} r$ & ∞r, valor f infinite parvus crescit usque ad $\frac{31}{11} r$;

quare

quare imago recedit a superficie refringente usque ad distantiam $\frac{31}{11}$ r, & radii vitrum penetrantes divergunt, sed minus ac minus. Simili ratione ad calculum revocari possent alii casus plurimi, sed rem paucis exemplis illustrasse satis sit.

III. In vitrorum usu duæ refractiones fieri solent, una nempe in ingressu, altera vero in egressu. Hunc casum qui maximæ utilitatis est, considerabimus: Sit O, positio objecti (fig. 15.) in axe OF, vitri utrinque convexi quod *lens* appellari solet, sintque C & K, portionum sphæricarum centra, inveniri poterit punctum F, in quo radius OI axi OA infinite proximus eidem axi OA, post duas refractiones occurrit. Sit OA = d, CB = R, KA = r, FB = x, PB = z, posito P, puncto in quo radius incidens post unicam refractionem axi occurreret. Sit AB, crassities lentis = e, sitque ratio sinus anguli incidentiæ ad sinum anguli refracti in ingressu ut p ad q, in egressu autem ut q ad p. Tandem ponatur CD = m, KG = n, erit p : q = KG (n) : KH = $\frac{nq}{p}$, & q : p = CD (m) : CE = $\frac{mp}{q}$. Præterea ob triangula rectangula OAI, OKG, similia, erit OG vel OK : OA = GK : AI, hoc est, d + r : d = n : AI = $\frac{dn}{d+r}$.

Item ob triangula PAI, PKH, similia, erit PA (z + e) : PH (z + e - r) = AI

 (dn

$\left(\frac{dn}{d+r}\right)$: KH $= \frac{nq}{p}$. Quare facta mediorum & extremorum multiplicatione, erit $\frac{dnz + den - dnr}{d+r} = \frac{nqz + enq}{p}$; unde eruitur $z = \frac{deq + eqr + dpr - dep}{dp - dq - qr}$. Præterea ob triangula PCB, PBT, similia, erit PD $(z+R)$: PB $(z) =$ CD (m) : BT $= \frac{mz}{z+R}$. Tandem ob triangula FCE, FBT, similia, erit FC $(x+R)$: FB $(x) =$ CE $\left(\frac{pm}{q}\right)$: BT $= \frac{mz}{z+R}$, factaque, ut ante, mediorum & extremorum multiplicatione, fiet $z = \frac{pRx}{qx+qr-px}$, institutaque æquatione habetur $x = dpqRr + deqqR - depqR + eqqrR : (dppR - dpqR - pqrR - deqq - dpqr + 2depq + depp + dppr - eqqr + epqr.)$ Hæc autem æquatio generalis, pro diversis casibus, ad formam multo simpliciorem reducitur. Ita si fiat $p = 31$, $q = 20$, habetur $x = \frac{620drR - 220deR + 400erR}{341dR + 341dr - 620rR - 121de + 220er}$ neglectaque vitri crassitie ac proinde facta $e = 0$, fit $x = \frac{620drR}{341dR + 341er - 620rR} =$

$$= \frac{20\,drR}{11dR + 11dr - 20rR}$$. Tandem si duæ sphæricitates ponantur æquales, ac proinde $r = R$, erit $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$

IV. Idem inveniri potest trigonometrice. Etenim in triangulo OKI, datis OK, KI & angulo AKI invenitur IO, & angulus KIO cujus supplementum est KIG. In triangulo rectangulo IKG, datis IK & angulo KIG, invenietur KG. Fiat deinde p : q = KG : KH; datis autem in triangulo rectangulo KIN, lateribus KI, KH, innotescet angulus KIH. Præterea in triangulo KIP, datis latere IK & angulis IKP, KIP, habebitur KP & angulus KPI. Item in triangulo PCD, rectangulo in D, erit PC = PK + KA + CB − AB, daturque angulus CPD ac proinde & angulus PCD, quare habebitur CD; & fiat q : p = CD : CE. Præterea in triangulo rectangulo CTD, datis lateribus CT, CD, dabitur angulus TCD. Deinde in triangulo CTE, datis lateribus CT, CE, datur angulus ETC, cujus supplementum est CTF. Tandem in triangulo CTF, datis latere TC, angulo CTF, & angulo FCT = PCD − TCD, invenietur CF, ac proinde & BF = CF − CB. Si objectum O, ad distantiam infinitam removeatur, multo facilior succedit calculus; nam cum sit OI in hoc casu axi parallelus, erit angulus KIG = AKI cujus mensura est arcus datus AI. Ex hac constructione & ex calculo evidens est radium OI in aliqua ab axe communi OA, distantia incidentem, eidem axi citius occurrere; nempe punctum, F, ad punctum, B, magis acce-

dit

dit quo major eſt arcus AI. Sed formulam generalem ad exempla quædam transferamus. Si lens vitrea ſit æqualiter utrinque convexa, & objectum lucidum ſatis exiguum in alterutra ſuperficie A, vel B conſtitutum fingatur, deinde objectum illud ſecundum directionem axis communis removeri intelligatur in infinitum, evidens eſt ex formula $x = \frac{10dr}{11d - 10r}$, objecti imaginem ſemper in axe occurrere. Præterea ob valorem, x, negativum & perpetuo creſcentem inter valores $d = \frac{1}{\infty} r$ & $d = \frac{10}{11} r$, imago objecti primum cum objecto ipſo confunditur rectaque apparet; deinde ab ipſo vitro ad eaſdem objecti partes recedet in infinitum, & radii qui hanc formant imaginem, e vitro emergent minus ac minus divergentes donec tandem fiant paralleli. In aliis autem diſtantiæ d, valoribus, nempe inter $d = \frac{10}{11} r$, & $d = \infty r$, valor x, erit poſitivus & decreſcens, objecti imago invertetur & ad partes objecto oppoſitas jacebit, ex diſtantia infinita regredietur tandem ad diſtantiam $= \frac{10}{11} r$, atque radii qui hanc pingunt imaginem, ex vitro primum emergent paralleli, deinde magis ac magis convergent.

Si lens ſit plano convexa, jam ſphæricitatis radius alteruter ſit infinitus, quare ponatur $R = \infty$, formula $x =$

20

$\frac{20 dr R}{11 dR + 11 dr - 20r R}$ abit in hanc $x = \frac{20 dr}{11 d - 20r}$. Si fiant in hoc casu eædem hypotheses quæ in casu præcedenti, pro diversis objecti distantiis, imaginis progressum eodem modo determinare licebit.

Si lens sit æqualiter utrinque concava, tunc radius, KA, versus objectum, O, convertitur ideoque poni debet $= - r$; at radius CB, qui antea versus objectum dirigebatur in partem contrariam vertitur ac proinde ponendus est $= - R$, & formula præcedens mutatur in hanc: $x = - \frac{10 dr}{11 d + 10r}$.

At si lens sit plano concava, jam formula fit $x = - \frac{20 dr}{11 d + 20r}$. Tandem si lens sit ex una parte convexa, ex altera autem concava, sphæricitatis radius alteruter mutari debet, verbi gratia, $- R$, mutatur in R, neglectaque crassitie vitri habetur $x = \frac{20 dr R}{11 dR - 11 dr - 20r R}$. Hos singulos casus persequi placuit tum ob eximiam illorum utilitatem in sequentibus articulis deinde declarandam, tum etiam ut nostris auditoribus manifesta fiat admiranda plane Algebræ fœcunditas.

V. De luminis reflexione & refractione multa jam demonstravimus, verum de physica reflexionis & refractionis causa disputant Cartesii Nevvtonique discipuli. Reflexionem lumi-

luminis ita explicant Carteſiani. Si lux incidat in corpus cujus texturam permeare non poſſit, jam radii lucis regredi coguntur, non ſecus ac videmus pilam parieti impactam retrorſum redire. Corpora quæ lucem reflectunt *opaca* dicuntur, eaque ita contexta eſſe oportet ut radiis lucis tranſitum per lineas rectas negent; at ſi corporum particulæ ita ſint commiſſæ ut per illarum interſtitia radii lucis per lineas rectas magna copia tranſmitti poſſint, corpora illa dicuntur *pellucida*. Refractionem hoc modo exponunt. Corpus omne, ſeclusis impedimentis recta moveri pergeret in infinitum, ideoque radius omnis oblique cadens in ſuperficiem corporis pellucidi recta pergeret, niſi quid obſtaret. Itaque quo difficilius penetratur corpus in quod radius incidit eo magis a linea perpendiculari recedet radius & contra. Hæc quidem breviter pronuntiabant veteres Carteſiani, ſed quid addiderint doctiſſimi Carteſianæ hypotheſeos reformatores deinde explicabimus. Verum ab antiquis recentioribuſque Carteſianis differunt Newtoniani; reflexionem lucis non fieri in ipſa corporum ſuperficie exiſtimant ſed in minima a ſuperficie diſtantia; refractionem vero non tribuunt medii reſiſtentiæ ſed vi attractivæ, quod qua ratione explicent, in ſequenti concluſione exponemus.

CON-

CONCLUSIO

REFLEXIONEM LUCIS IN MINIMIS A CONTACTU DISTANTIIS FIERI, REFRACTIONEM VERO VI ATTRACTIVÆ MEDII TRIBUENDAM ESSE VIX IN DUBIUM VOCARI POTEST.

PROB. I. Pars. Si lux e vitro in aerem transmittatur, eadem vi reflectitur ac si transeat ex aere in vitrum, imo validius reflectitur quam si transeat ex aere in aquam; credibile non est plures esse in aere partes reflectentes quam in aqua aut in vitro. Verum rem Cartesianis concedamus, quamvis omni careat verisimilitudine; at qua ratione explicare poterunt validissimam reflexionem quam lux patitur, si ex vitro transeat in vacuum Boylianum? Si lux transiens ex vitro in aerem incidat sub inclinatione majori, quam 40° vel 41°, tota reflectitur; Si inclinatio minor sit, magna ex parte transmittitur. Quis autem facile crediderit radiis lucis sub certo inclinationis angulo plures in aere poros occurrere qui luci transitum præbeant? sub alia autem inclinatione nullos hiare poros qui transitum luci permittant? id quidem intelligi vix potest, præsertim si observemus lucem ex aere in vitrum sub quocumque inclinationis angulo transeuntem magna ex parte transmitti, ipsique proinde per poros transitum patere. Tandem si lucis radii a solidis corporum partibus reflectantur, certis legibus fieri nequaquam potest illorum e superficiebus etiam eximie lævigatis reflexio. Etenim quantumvis perpollita atque tersa sit corporum superficies, plurimis tamen eminet asperitatibus, quæ si

cum

cum ſubtiliſſimis ſolaribus radiis conferantur, ingentium montium inſtar haberi debent. Itaque ſi radii lucis a ſolidis corporum partibus repellantur, incerta omnino lege reflecti atque diſpergi debent ob variam ſuperficierum aſperitatem, quod contrarium eſt experimentis. At ſingula reflexionis phœnomena intelliguntur, ſi reflexionem in minimis a contactu diſtantiis fieri cum Nevvtonianis ſtatuamus. Et re quidem ipſa, corporum particulas in lucis radios ad minimam diſtantiam agere experimento primus omnium demonſtravit Grimaldus & accuratius deinde confirmavit Nevvtonus. Lumen per anguſtiſſimum foramen in tenebroſum cubiculum intromittatur, & lucis radio objiciatur tenuiſſimum corpus quod ipſam radii latitudinem non excedat, umbra corporis radio immerſi ad notabilem diſtantiam projicietur latior quam utique eſſe deberet, ſi radius lucis prope corporis objecti extremitates linea recta tranſiret. Umbra hæc ternis inter ſe parallelis colorati luminis ordinibus ſeu faſciolis ſimbriata apparet, quæ ſimbriæ in latitudinem ſeſe laxare conſpiciuntur, ampliori facto foramine, & ita inter ſe miſcentur ut diſcerni amplius non poſſint. Nevvtonus lamellam plumbeam acicula pertuſam adhibuit, & foraminis diameter erat $\frac{1}{42}$ pollicis. Umbræ dilatatio accuratius diſcerni poteſt in majori quam in minori a corpore diſtantia; notum quippe eſt umbram in majori magis quam in minori diſtantia dilatari; in magnis autem longe facilius quam in parvis differentiæ obſervantur; At iſta umbræ dilatatio deprehendi minime poſſet, ſi radii prope corporum ſuperficies nullam ferrent repulſionem, ſed in rectis lineis propagati

gari pergerent. Itaque manifestum est repulsionem aliquam pati radios a solidi atque opaci corporis superficie juxta quam incedunt. Hanc luminis proprietatem qua fit ut radii lucis corpus opacum radentes recta non pergant, sed a corporis superficie repellantur, *diffractionem lucis* appellant Physici. Verum hanc proprietatem a reflexione & refractione non differre, in hujus conclusionis progressu probabilissime ostendemus. Interim concludere licet; Reflexio lucis non fit in solidis corporum particulis, si eam prope contactum aliquando fieri demonstrent accuratissima experimenta, eamque eodem modo semper contingere ostendant validissimæ rationes, atqui &c. Ergo.

PROB. II. Pars, quæ quidem nulla alia validiori ratione evinci potest quam si refractionis phœnomena secundum Nevvtonianam doctrinam explicemus, eamdemque explicationem cum hypothesi cartesiana comparemus. Spatium ABDC (fig. 16) duobus planis parallelis AB, CD, terminatum repræsentet medium densius quod sit medio rariori X tum supra tum infra comprehensum. Globulus lucis, g, in minima a medio AB distantia versus superficiem AB, attrahetur. Jam ponamus radium lucis, f g, perpendicularirer in superficiem AB, incidere, evidens est radii directionem in medio ABCD, perpendicularem manere; etenim attractiones laterales utpote æquales & contrariæ sese mutuo elidunt, quare sola superest attractio perpendicularis quæ cum perpendiculari motus directione conspirat. Illæ igitur vires duæ id solum præstare debent ut nempe radius perpendiculariter moveri pergat, & motu accelerato transeat in AB, ob medii densioris attractionem; deinde

au-

autem in medio uniformi ABCD ob æqualem undequaque attractionem motu acquisito æquabiliter progredietur. Verum ubi radius emerget ex CD, vi attractiva medii ABCD retrahetur; quare evidens est radium lucis in medio inferiori eodem modo retardari quo accelerabatur in medio superiori, ac proinde in medio inferiori X, eadem movebitur velocitate qua progrediebatur in medio superiori, antequam perveniret ad AB. Hic autem mediorum resistentiam non consideramus; Sermo enim est de globulis qui per medii interstitia libere transeunt; alii si quidem globuli intra medium reflectuntur vel absorbentur.

Simplicissimum directionis perpendicularis casum demonstravimus, jam directionem obliquam expendamus. Sit directio obliqua HG, agatque vis attractiva medii in distantia GP; considerari debent vires duæ, una secundum directionem, HG, perpetuo eadem, altera vero secundum perpendicularem, GP, perpetuo variabilis. Ex hac virium compositione fit ut globulus minimum describat curvæ arcum GI, versus IB concavum ob motum acceleratum, non secus ac gravia oblique deorsum projecta describunt parabolam quæ concavitatem telluri obvertit. At ubi globulus pervenit in, I, recta trajiciet medium Y, secundum tangentem curvæ antea descriptæ, motuque uniformi pertinget ad K; Sed emergens ex CD, retrahetur vi attractiva ad medium Y; quare rursus considerari debent vires duæ, una secundum directionem tangentis perpetuo eadem, altera autem perpendicularis, globuli motum retardans iisdem gradibus quibus antea versus AB, fuerat acceleratus, ac proinde globulus curvam, KL, priori similem & æqualem describet, sed

situ

situ contrario positam ob motus retardationem, non secus ac gravia sursum oblique projecta describunt parabolam quæ convexitatem telluri convertit. Tandem ubi globulus extra limites attractionis pervenit, secundum directionem tangentis moveri pergit, ut ante.

Ex hac explicatione facile intelligitur notissima attractionis lex qua fit ut radii lucis ex medio rariori transeuntes in densius, accedant ad perpendicularem; contra autem recedant a perpendiculari, si transeant e medio densiori in rarius; id quidem evidens est ex curvarum GI, & KL, contraria positione. At in hypothesi cartesiana intelligi non potest lex illa. Etenim si medii resistentiæ tribuenda sit luminis refractio, radius lucis transiens ex medio rariori in densius refringi debet recedendo a perpendiculari; quod enim curva Gi, versus iB, concavitatem obvertat, id fit ob velocitatis incrementum secundum directionem perpendicularem, Gp; at in hypothesi cartesiana velocitas perpendicularis semper decrescit. Etenim etiamsi fingamus minorem esse resistentiam in medio densiori quam in rariori, V. G. in aqua aut vitro quam in aere, quod absurdum videtur; Si tamen radius transeat ex medio quod magis resistit, in aliud quod resistit minus, aliquam licet minorem patietur motus retardationem; ac proinde non intelligitur qua ratione radius ad perpendicularem accedat.

Præterea si refractionis causa sit medii resistentia, radius magno refractionum numero vexatus, non solum velocitatis suæ partem aliquam amittet, sed & totam poterit amittere, non secus ac corpori solido medium fluidum trajicienti contingit. Id vero experimentis contrarium omnino est; re quidem ipsa debilior

bilior exit radius diversa permeans media; sed illam lucis jacturam inde oriri putandum est quod partes aliquæ intercipiantur aut intra medium reflectantur; cæterum aliæ omnes particulæ quæ e medio emergunt, totam primitivam retinent velocitatem. Et quidem accuratissimis experimentis compertum est lucis radium per diversa media utcumque refractum eandem subire refractionis legem, ita ut constans semper maneat ratio sinuum incidentiæ & refractionis. At si refractionis causa sit medii resistentia, jam mutata radii velocitate incertis omnino legibus, ipsam quoque curvarum, GI, KL, naturam & positionem mutari necessum est, ac proinde sine ulla constanti lege variabilis foret radii incidentis & refracti positio.

Ex iis quæ hactenus explicavimus admiranda facilitate intelligitur qua de causa refractio in reflexionem mutari numquam possit, si radius ex medio rariori in densius transeat; contra autem si transitus fiat ex medio densiori in rarius sub certa inclinatione, refractio abeat in reflexionem. Primus casus statim patet; etenim quæcumque sit radii inclinatio, vis attractiva medii densioris efficere debet ut radius ad ipsam medii superficiem citius perveniat, & sub minori inclinatione medium penetret, ut patet; cum radius refractus accedat ad perpendicularem. Jam ponamus radium, IK, (fig. 17.) ex medio densiori in rarius incidere sub inclinatione satis magna, evidens est radium vi attractiva medii densioris retrahi versus CD: At talis esse potest radii in K inclinatio ut composita cum vi attractiva versus CD, abeat in directionem Lm, plano CD parallelam, antequam radius extra medii densioris attractionem excurrat;

quam

quam radius regredietur per curvam, Mno, priori, Lki, ſimilem & æqualem, eritque inclinatio, onC, inclinationi priori iKD, æqualis; ideoque in hoc caſu accurata fit reflexio. Nec minori felicitate explicantur difficillima alia lucis phœnomena quæ aliam quamlibet hypotheſim videntur reſpuere. Sed de his deinde, ubi occurret locus, ſermonem habebimus. Interim concludemus: vix in dubium vocari poteſt illa refractionis cauſa quæ naturæ legibus conſentanea eſt luciſque phœnomenis accurate ſatisfacit, atqui &c. Ergo.

Objic. Adverſus utramque partem. Lex analogiæ præſcribit ſimilium effectuum eaſdem aſſerendas eſſe cauſas. At corporum ſolidorum luciſque reflexio ſunt effectus omnino ſimiles. Ergo lucis reflexio ex immediato ſuperficiei reflectentis contactu pendere videtur. Reſp. Diſt. Maj. Si effectus ita ſimiles ſint ut omnia ſint paria accurate C. Maj. Secus N. Maj. & conſ. Itaque inter magna corpora & ſubtiliſſima lucis corpuſcula inſtitui non poteſt accurata comparatio; quod quidem ex demonſtratis de vi attractiva manifeſtum omnino eſt; cum longe alia eſſe debeat magnorum corporum minimarumque particularum attractio mutua. Præterea ſimiles non eſſe effectus illos demonſtrant plurima lucis phœnomena, ſed ſatis ſit demonſtratum refractionis lucis exemplum quæ aliquando mutatur in reflexionem; id vero corporibus ſolidis non contingit. Diverſam utriuſque reflexionis cauſam poſtulant experimenta; & quidem ſi corpus ab aliquo plano reflectatur, angulus reflexionis angulo incidentiæ æqualis eſſe non poteſt, niſi corpus incidens ſit accurate ſphæricum & perfecta elaſticitate donatum, & præterea planum reflectens perfecte lævigatum eſſe oportet; quæ

qui-

quidem omnia ex demonſtratis in Phyſica generali reflexionum legibus facile colliguntur. Attamen radii lucis ita reflecti obſervantur in ſpeculis, ut angulorum reflexionis, & incidentiæ æqualitas tanquam accuratiſſimum experientiæ principium habeatur. At ſpeculorum ſuperficies quamvis lævigatiſſima videatur, debet tamen eſſe admodum ſcabra, & irregularis: & quidem ad perpolienda vitra adhiberi ſolent pulviſculi quorum profecto particulæ radiis luminis longe craſſiores, inducere debent ſulcos monticuloſque plurimos, a quibus lumen omne quaquaverſum admodum irregulariter, ut a ſcabro pariete, reflecteretur. Tandem ſi analogiæ legem hic quoque velint nonnulli Phyſici, aliquo modo in utraque reflexionum ſpecie valere poteſt, ut patebit ex ſequenti objectione.

Inſt. Omni carent veriſimilitudine oppoſitæ illæ leges quibus fit ut radii lucis in certis caſibus refringantur, in aliis autem repellantur. Ecquis ſibi facile perſuadebit mediorum ſuperficies ita variabili lege *in diſtans* agere ut radios lucis modo admittant, ut fit in refractione, modo autem repellant ut fit in reflexione; id ſaltem poſtularet analogia naturæ ut ad certos uſque limites vigeret attractio quæ deinde mutaretur in repulſionem, hanc ſcilicet attractionis & repulſionis varietatem operante fluido aliquo, pro diverſa corporum reflectentium & refringentium natura. His poſitis ſic argumentantur aliqui. Commentitiis viribus quæ agunt in diſtans, & modo attrahunt, modo repellunt, anteponenda eſt hypotheſis quæ univerſalibus naturæ legibus magis eſt conſentanea, atqui &c. Ergo... Reſp. C. Maj. & *permitto* Minorem. Noſtram concluſionem directe non petit hæc objectio;

tan-

tanquam probabilissimum quidem & fere demonstratum habemus reflexionem lucis fieri in minimis a corpore reflectente distantiis, non tamen omnino negamus elasticas, licet sensibus minime conspicuas, atmosphæras circa ipsam corporum superficiem dispersas. Hanc hypothesim ingeniosissime quidem excogitarunt recentiores Cartesiani systematis reformatores; rem ita explicant. Fingamus dispersam esse circa vitri superficiem subtilissimam atmosphæram quæ radio lucis occurrat; hæc autem atmosphæra licet subtilissima, crassior tamen erit si conferatur cum luminis tenuitate. Ponamus deinde atmosphæram illam non esse medium uniforme, sed diversam habere densitatem; radius oblique in atmosphæram incurrens curvam minimam describet non secus ac in attractionis hypothesi; nam vis hujus fluidi radium ad ipsam corporum superficiem impellentis gerit vices attractionis, non secus ac vis centrifuga materiæ subtilis gravia deorsum trudit. Quare res perinde se habet, sive attractionem sive atmosphæram impellentem admittamus. Eadem plane ratione intelligitur reflexionem fieri posse in ipsis atmosphæræ particulis; ac proinde fictitium esse attractionis principium aut saltem minime necessarium ajunt Cartesiani. Fatendum quidem est ignotum illud fluidum cujus leges pro arbitrio fingi atque refingi possunt, nulla fortasse severa & geometrica demonstratione refelli posse; observabimus tamen radii oblique incidentis velocitatem in velocitates duas dividendam esse, unam scilicet perpendicularem & perpetuo variabilem, alteram vero constantem secundum directionem parallelam. At si radius vi atmosphæræ refringatur, hujus atmosphæræ fluidum resisteret quoque secun-

dum directionem parallelam. Sed quidquid sit, attractionem & repulsionem velut phœnomena consideramus, doctissimos quidem variarum hypotheseon auctores impense veneramur; sed propositus harum institutionum scopus difficiles causas investigare non patitur. Satis erit observare reflexionis & refractionis phœnomena tribuenda esse eidem potentiæ quæ pro diversis circumstantiis diversimode agit, quæcumque sit potentia illa. Etenim si radii lucis ex vitro in aerem exeant sub tali inclinatione ut refringantur, aucta autem inclinatione reflectantur, eadem omnino vi refractionem & reflexionem produci demonstravimus. Cum præsenti conclusione conjuncta sunt alia phœnomena plurima quæ in sequentibus articulis opportunius explicabuntur.

ARTICULUS IV.

De visione.

I. EX præcedentibus articulis totum pendet visionis artificium; sed ipsum visionis organum, quantum nostri est instituti, breviter describemus. Oculi figura fere est sphærica, pars tamen anterior est paululum magis convexa & tunica *cornea* vocatur, ubi pellucida est; reliquum autem oculi integumentum quod opacum est, dicitur *Sclerotica*. Pars scleroticæ anterior quæ corneæ adjacet, tegitur tenui membrana quæ vocatur *adnata* & efficit *album oculi*. Adnata tegit quoque corneam, sed ita tenuis ibi est ut difficile distinguatur. Ab anteriori parte cum cornea juxta circumferentiam cohæret tunica *uvea* dicta, quæ plana est & in medio foramen habet quod appellatur *pupilla*. Uvea constat ex

fibris

fibris circularibus concentricis ad angulos rectos per fibras *longitudinales* ad centrum tendentes intersectis. Fibras illas musculosas esse a nemine hactenus demonstratum est; imo peritissimus anatomicus Ruyschius qui circa oculi structuram diligentius versatus est, fibras istas, maximam partem, vasa esse ostendit, atque celeberrimus vir D. Du Vernoi oculum Ceti diligentissime contemplatus, easdem fibras ex musculorum numero rejiciendas esse judicavit. In medio oculi magis tamen versus partem anteriorem, positum est corpus molle, pellucidum, lenti convexæ simile cujus superficies posterior anteriorem convexitate superat; vocatur *humor crystallinus*. Axis hujus cum oculi axe per centra pupillæ & bulbi oculi transeunte coincidit. Sustinetur crystallinus humor filis, quæ in singulis punctis circumferentiæ hujus cohærent & interiori parti oculi annectuntur juxta circumferentiam corneæ, in formam arcus inflectuntur & musculi creduntur, atque *ligamenta ciliaria* nominantur: hæc inter se junguntur & cum crystallino separationem in oculo efficiunt, huncque in duas cavitates seu *cameras*, ut dicunt, unam anteriorem, alteram posteriorem dividunt. Anterior cavitas repletur fluido aquæ simillimo, dicitur *humor aqueus*, cavitas posterior repletur humore pellucido ejusdem circiter densitatis cum humore aqueo, sed minoris fluiditatis, *humor vitreus* vocatur. Superficies posterior & interior oculi tegitur tunica *Choroides* dicta, fusco colore tincta; hanc iterum tegit membrana tenuissima cui nomen *Retinæ* datur. *Nervus opticus* ad posteriorem bulbi oculi partem paululum ad latus huic inseritur, & ita cum oculo jungitur ut exterius nervi integumentum cum Sclero-

tica cohæreat & sequens cum Choroide ; fibræ autem ex quibus retina constat, concurrunt & medullam nervi constituunt . Oculus in capite movetur variis musculis cum Sclerotica cohærentibus, de his vero dicere juris nostri non est ; consideramus enim oculi structuram duntaxat quatenus ad luminis motum pertinet.

II. His præmissis , jam intelligitur admirandum visionis artificium . Radii luminis e superficie corporum, vel prope superficiem reflexi corneam primum permeant , tum in aqueum humorem incidentes , ii qui oblique cadunt, tali ratione refrangi debent ut viciniores quam antea fiant ; transeunt enim ex medio rariore in densius , nempe ex aere in aquam. Deinde pupillam subeunt, atque intra crystallinum humorem qui densior est aqueo , iterum refracti magis ad se invicem accedunt. Tandem in vitreum humorem incidunt atque denuo refracti magis convergunt . Radii quidem ex humore crystallino in vitreum minus densum transeuntes a perpendiculari recedunt, sed ob *lenticularem* crystallini figuram contingit ut radii a perpendicularibus recedentes sibi ipsis viciniores fiant , quod quidem patet ex iis quæ demonstravimus de refractione duplici per vitra utrinque convexa. Itaque radii in humorum trajectu has refractiones passi, in retina coeunt, hanc concutiunt, nervi optici filamenta movent ac tandem motus ad cerebrum propagatur.

Ut autem tota res in meliori lumine collocetur , ponamus ex singulis superficiei alicujus punctis emanare undequaque lucis radios , jam superficiei punctum quodlibet considerari poterit tanquam vertex coni cujus basis est ipsa pupilla , tum radii refracti alium gene-

generant conum priori oppositum cujus basis quoque est pupilla; vertex autem est in oculi fundo in quo scilicet radiorum ex aliquo puncto emanantium concursus, ejusdem puncti imaginem repræsentat. Illi autem duo coni habent axem communem quem velut lineam rectam considerare licet; nam in hoc casu vix attendi debet refractio quam radii in crystallino subeunt, tum in ingressu, tum in egressu; itaque fingi potest singulos radios utrumque prædictum conum formantes cum ipso axe communi confundi; ac proinde quodlibet superficiei alicujus punctum distinguitur, eo quod ejusdem puncti imaginem ad fundum oculi transmittat radius per centrum pupillæ transiens. His positis, si punctum objecti sit in ipso magnitudinis visibilis centro puta R, (Fig. 18.), aliud ejusdem superficiei punctum Q, ad dexteram positum, sui ipsius imaginem in oculum emittet per radium Qq, qui priorem radium Rr in centro pupillæ intersecabit; quare imago, q, ad sinistram imaginis, r, jacebit, ac proinde imagines illæ pingentur in situ inverso, si cum punctorum R, Q, positione conferantur. Itaque cum radiorum ex quolibet puncto emanantium fasciculus sive conus ad simplicem radium per axem reduci possit, tota objecti superficies ad oculum relata se habet tamquam pyramidis lucidæ basis, cujus pyramidis vertex est ipsum pupillæ centrum; radii autem qui hanc formant pyramidem in oculi fundum producti, aliam generant pyramidem oppositam ipso organi fundo comprehensam, cujus proinde basis est tota objecti imago, quæ cum suis coloribus depicta præsentis objecti sensationem in nobis excitat. Quodnam vero sit primarium visionis organum, an sit Retina, an

Chorois disputant aliqui Phisiologi; quæ quidem quæstio videtur omnino superflua; singulæ enim organi partes, pro suo officio, ad distinctam visionem conferunt; verum cum Retina ex medullosa nervi optici portione componatur, huic parti tribuenda sunt præcipua visionis munera. Neque ad Physicos pertinet definire quo artificio pupilla dilatetur & contrahatur. Indubitatum quidem est pupillam non ejusdem semper diametri apparere, sed nimia illabente lucis copia contrahi, & contra dilatari. Hunc reciprocum pupillæ motum fibris muscularibus tribuunt aliqui; sed rem alio modo explicant alii; de pupillæ contractione & dilatatione tentamen proposuit vir Clariss Weibrechtius in commentariis Petropolitanis Tom. 3. at his relictis, oculorum vitia illorumque remedia, quod quidem Physicorum juris est, exponemus.

III. Cum lucis radii imaginem puncti ex quo emanarunt, secum deferant & per vitrum convexum refracti in foco sese decussent, evidens est radios illos plano aliquo ultra vel citra punctum intersectionis exceptos ejusdem puncti imaginem repræsentare; quæ quidem imago magis extensa minusque vivida esse debet quo major est illius a foco distantia. Ex majori illa imaginis amplitudine fieri debet ut puncti alicujus contigui imago cum priori imagine partim confundatur. Quare si duo illa puncta diversum habeant colorem, imago ex his duabus imaginibus composita tres exhibebit colores; pars enim duabus imaginibus communis compositum colorem admittet. Itaque imago illa permixta neque objecti dimensionem, figuram, colorem, splendorem repræsentare poterit, sed justo major erit atque confusa; Verum in concursu seu foco radiorum,

rum, punctorum duorum imagines sunt nitide separatæ & propriis coloribus distinctæ.

Quæ cum ita sint, objecti alicujus distincta est visio, si radii retinam attingunt in vero concursus puncto, hoc est, in vertice conorum lucidorum qui ex unoquoque objecti puncto proficiscuntur. Contra autem visio confusa est, si radii ante vel post concursum ad retinam perveniant. Præterea objecti imago vivida atque distincta trans superficiem refringentem convexam repræsentata, in axe per objectum & centrum sphæricitatis transeunte constituta est, ut in præcedenti articulo demonstravimus; quare objecta distincte non videntur, nisi versus objectum dirigatur axis per oculi & pupillæ centra transiens; & re quidem ipsa in objecto distinctissime non percipitur, nisi punctum illud ad quod hic axis pertingit. Jam vero ad explicandam vitiosam oculorum constitutionem, aliud superest observandum. Si objectum aliquod collocetur in aliqua distantia a superficie refringente convexa, immota, & constantis sphæricitatis, deinde autem objectum ad superficiem illam accedat, objecti imago recedet (ex demonstratis). Quare si imago objecti in eodem loco fixa retineri debeat, vel removenda est superficies refringens accedente objecto, vel semidiameter sphæricitatis minuenda, quæ quidem omnia ex articulo præcedenti sunt manifesta. Igitur homines qui eximio pollent visus organo, oculos ita conformatos habent & ita facile mobiles, ut radii ex eodem objecti puncto emanantes & pupillam fere paralleli subeuntes, quod fit in distantia satis magna, in ipsa retina colligantur. At si objectum ad oculos accedat ita ut lucis radii ex aliquo objecti puncto ema-

nantes, pupillam ingrediantur divergentes, tunc spectator ita oculos accomodare potest in singulis objecti distantiis, ut imago in retina semper exaretur, sive id faciat lentem crystallinam versus pupillam propius admovendo, sive reducta ad majorem convexitatem lente crystallina aut tunica cornea. Crystallinæ lentis mutationem fieri ligamentorum Ciliarium ope persuasum habent plerique Anatomici. Cornea quoque mutationi obnoxia esse potest vi musculorum *rectorum* qui oculum juxta directionem axis comprimunt, illumque versus orbitæ fundum retrahunt.

IV. Ex his intelliguntur diversa oculorum incommoda. Si organum ita vitiose fuerit conformatum ut pro objectorum distantia mutari non possit, ut oportet, oculi figura, tunc intra certos limites dumtaxat distincta habetur visio; ita si lens crystallina vel etiam corneæ pars anterior justo majorem habeat convexitatem, objectorum nimis distantium imagines prope lentem crystallinam ac proinde ante retinam pinguntur, ideoque confuse dumtaxat videntur. Ea de causa fit ut homines tali vitio laborantes qui dicuntur *Myopes* objecta propius admovere debeant; ita enim imagines fiunt remotiores & ad ipsam retinam accurate pertingunt. At si corneæ segmentum anterius vel lens crystallina eam dumtaxat habeant convexitatem quæ necessaria est ut objectorum remotiorum imagines in retinam cadant, objecta proximiora pingentur ultra retinam, ideoque confuse tantum videri possunt. Qui tali oculorum vitio laborant, vocantur *Presbytæ*, atque vitium illud frequens est senibus, arescentibus enim longa ætate humoribus, complanatur lens crystallina, & corneæ pars anterior

terior deprimitur. Itaque Myopes proximiora dumtaxat objecta distincte vident per radios divergentes; Presbytæ autem distincte tantum vident objecta remotiora per radios fere parallelos. Porro ex antea explicata vitrorum concavorum & convexorum doctrina notum est eam esse vitrorum concavorum proprietatem, ut radios parallelos & ex remotiori objecto emanantes reddant divergentes; quare myopum vitium lentis concavæ ope corrigi potest. Contraria ratione lentem convexam adhibere debent presbytæ. Evidens autem est justam esse debere vitrorum concavitatem vel convexitatem & oculorum imperfectioni convenientem. Alio etiam modo ex parte aliqua emendari possunt, tum myopum tum presbytarum vitia, si nempe objecta per foramen valde exiguum conspiciantur. Etenim si pupillæ diameter instar puncti se haberet, ita ut unicum dumtaxat admitteret radium ex unoquoque objecti puncto emanantem, radii illi in totidem distincta retinæ puncta caderent ac proinde distinctam repræsentarent objecti imaginem, minus tamen vividam, ob lucis inopiam. Ea de causa fit ut objectum etiam oculo valde proximum trans exiguum foramen distincte cernamus.

Sæpe contingit ut oculorum alteruter vi maxima polleat, alter autem myopum vel presbytarum vitio laboret. In hoc casu spectator perfectiorem oculum versus objecta debet convertere, alterum autem oculum minus perfectum avertere; alioquin objecti imago confusa distinctam imaginem turbaret. Hinc fit ut aliqui distortis aspiciant oculis. Vitium illud appellatur *Strabismus*, de quo multa & quidem utilissima tradidit D. De Buffon in monum. Paris. an. 1743.

Porro licet objectum aliquod geminis intueamur oculis, illud tamen unicum apparet; æquales enim omnino fiunt in *omologas* utriusque oculi fibras impressiones, atque easdem illas simultaneasque impressiones velut impressionem unicam mens nostra judicat. At si ejusdem objecti imagines in omologis non pingantur fibris, jam ex impressionum varietate duplicis objecti sensatio in nobis excitatur. Cæterum imagines duæ in fibris omologis imprimuntur, si objectum utroque oculo per radios physice parallelos contemplemur, vel si oculi eodem plane modo versus objectum dirigantur. Hinc objectum oculis proximius, duplex nobis apparet; cum objectum illud intueri non possimus, nisi visionis axes valde inclinentur; oculus sinister objectum videt ad dexteram, oculus autem dexter ad sinistram, cum duo axes ad partes illas sint inclinati. Simili ratione duplex apparet objectum, si oculi non eodem modo obvertantur, in diversis enim locis fiunt objectorum impressiones. Hinc homines vino madidi duplex objectum loco unius apprehendere solent; ita enim perturbatis motibus agitantur nervorum musculorumque fibræ ut versus idem objectum ea, quæ necessaria est, directione ambo oculi converti non possint. Idem quoque accidit hominibus affectuum æstu & furore misere abreptis.

V. Ad visionis doctrinam pertinet apparens objectorum magnitudo. Angulus *opticus* appellatur ille quem comprehendunt radii duo ex duobus dimensionis alicujus extremis emanantes. Quia vero, cæteris paribus, de objectorum æqualitate vel inæqualitate nullum ferre possumus judicium, nisi ex ipsis imaginibus in fundo oculi depictis, patet objecta

quæ-

quælibet æqualia vel inæqualia, ſub eodem angulo viſa, apparere æqualia, niſi cauſa aliqua de apparenti magnitudine noſtrum perturbet judicium. Ex angulorum inæqualitate evidens eſt decreſcere apparentem alicujus objecti magnitudinem, ſi major ſit illius ab oculo diſtantia, cæteris paribus. Etenim objecti dimenſiones ſunt baſes conſtantes trianguli cujus latera ſunt duarum objecti extremitatum ab oculo diſtantiæ; quare creſcentibus lateribus pro majori diſtantia, creſcunt quoque anguli opoſiti ac proinde decreſcit angulus lateri conſtanti oppoſitus ideoque & minor fit objecti imago. Hinc magnitudines apparentes vel anguli optici objectorum ſunt in ratione diſtantiarum inverſa ab oculo, ſi tamen anguli ſunt minimi; ſecus autem ſi anguli paulo majores ſint (ut patet ex Geom.). Quare objecti alicujus majoris & valde remoti partes æquales, non apparent æquales; nam partes ab oculo remotiores minorem ſubtendunt angulum, & contra. Ea de cauſa fit ut lineæ parallelæ ad magnam diſtantiam productæ videantur concurrere, atque eandem ob cauſam ſublimior turris ſpectatori inclinata videtur; nam ſi turris ſit perpendicularis, ſpectator ſitum hunc perpendicularem comparat cum recta perpendiculari per oculum tranſeunte; quare ſitus perpendicularis ipſius turris, rectæ perpendiculari per oculum tranſeunti parallelus, in parte ſuperiori convergere apparet.

VI. Hæc eadem principia ad viſionem quæ fit per vitra vel ſpecula transferri poſſunt; Etenim cum objecta non videamus niſi ſecundum directionem radiorum qui in oculum tranſmittunt objectorum imaginem, ſi radii illi plures refractiones & reflexiones patian-

tur ita ut mutetur primitiva radiorum direction, jam objectum videre non possumus secundum rectam ex objecto ad oculos nostros directe pervenientem. Itaque cum magnitudo apparens objecti maxime pendeat ex angulo quem radiii ad oculum ultimo pervenientes comprehendunt, evidens est apparentem objecti magnitudinem mutari, si refractio vel reflexio angulum opticum mutaverit. Quod spectat oculi distantiam a loco objecti apparente; hanc non metitur vera ultimæ imaginis ab oculo distantia. Etenim experientia compertum est, objectorum distantiam apparentem ex nostris judiciis maxime pendere. Objecta quæ fusca & obscura apparent, remotiora judicamus; atque eandem ob causam, illorum quoque magnitudinem augemus. Si inter objectum aliquod & oculos nostros longa contineatur objectorum series, augemus quoque tacito judicio objecti distantiam & magnitudinem. Igitur quæ dicta sunt de apparenti objectorum magnitudine, intelligi debent duntaxat, *si omnia fuerint paria*. Itaque cum apparentem objectorum distantiam ex nostris de illorum magnitudine judiciis æstimare soleamus, si objectorum imagines reflexione aut refractione minuantur vel augeantur, objecta illa oculo proximiora vel ab eo magis remota judicamus, facta nempe comparatione inter magnitudinem apparentem & magnitudinem veram. Quia vero objectorum quæ directe videntur, superficies est basis pyramidis lucidæ cujus vertex est in oculo; si reflexione aut refractione magis obtusus fiat pyramidis angulus, objectum quod ad hujus pyramidis basim semper refertur, oculo seu novæ pyramidis vertici propius apparebit; contrarium eveniet, si pyramis fiat magis

gis acuta. Inde autem per constructionem determinari solet apparens objectorum locus, si objecta trans vitra & specula conspiciantur. Sit RQ, objecti cujuslibet dimensio, O locus oculi (Fig. 19.), OR, axis pyramidis opticæ, OT, directio radii ex puncto Q, emanantis, atque radius ille plures utcumque patiatur reflexiones vel refractiones, per superficies sphæricas quarum axes singuli sint in recta OR. Ducatur, qQ, ipsi OR parallela, donec radio OT occurrat in q, erit punctum, q, locus apparens sive ultima imago puncti Q, Or erit distantia apparens oculi ab objecto, & qr locus apparens ultimæ imaginis. Hinc intelligitur quare objecta trans lentem utrinque convexam visa, majora & propiora appareant; contra autem appareant minora & remotiora, si trans lentem concavam aspiciantur. Illud quidem objectorum incrementum & decrementum ex anguli optici inæqualitate constat omnino; at quidquid de apparenti objectorum magnitudine illorumque apparenti loco hactenus tradiderunt Physici, pro meris conjecturis atque hypothesibus haberi debet. Verum quemvis apparentem objectorum magnitudinem circumstantiarum varietate maxime perturbatam definire non liceat, certum tamen est ex his erroribus, saltem maxima ex parte, repetenda esse multa visionis phænomena mox explicanda.

VII. Obscuriora magisque confusa videntur objecta quæ sunt ab oculis nostris remotiora; contra autem splendidiori fulgent luce, si fuerint propiora. Hinc fit ut objecta confusa a nobis remotiora judicemus & viceversa, atque ea de causa intelligitur difficillimum picturæ artificium quo lux & umbra in tabellis tanta miscentur industria ut objecta emi-

eminere & quaſi foras erumpere videantur. Eadem eſt ratio cur ſpectra nocturnaque phantaſmata longe majora apparere ſoleant; cum enim obſcura ſint objecta, majorem illorum diſtantiam ex viſionis confuſione æſtimamus, illorumque magnitudinem ita enormiter augemus ut timidioribus hominibus terrorem incutere ſoleant. Hinc etiam reddi poteſt ratio cur concava cœli ſuperficies *delumbati* fornicis inſtar appareat. Etenim cum ſydera prope horizontem minus ſplendeant, eo remotiora a nobis judicantur; atque eidem cauſæ magna ex parte tribuendum eſt quod ſol & luna majores appareant in horizonte, minores autem quo altiores ſupra horizontem; Etenim ponamus ſphæricam eſſe apparentem cæli concavitatem in cujus centro poſita ſit tellus, diameter apparens ſolis eadem eſſe debet in qualibet ſupra horizontem altitudine. At cum fornicis delumbati figuram referat cæli concavitas, major eſt apparens ſolis diſtantia in horizonte quam in aliqua ſupra horizontem altitudine, ac proinde ſolis aliorumque ſyderum magnitudinem optica illuſione augemus. Huic tamen cauſæ jungi etiam debet alia quam ex longa objectorum ſerie deſumere ſolent Phyſici. Et quidem dum Sol & Luna verſantur in horizonte, inter corpora illa noſtroſque oculos magna ſeſe offert objectorum multitudo, qua fit ut majorem a nobis judicemus Solis & Lunæ diſtantiam. Id autem frequenti exemplo oſtendi poteſt. Si longior vallis homini in planitie conſtituto conſpicua non fuerit, objecta ultra vallem licet longius remota judicabit ſpectator valde proxima. At ſi ad vallis marginem acceſſerit, oblata nempe corporum intermediorum ſerie, ſtatim magnam æſtimabit diſtantiam.

Porro

Porro ſphæricam ponebamus concavam cæli ſuperficiem; & quidem certum eſt ſuos eſſe viſioni limites ita ut nullam in remotiſſimis diſtantiis differentiam diſcernere valeamus. At objecta quæ eandem a nobis diſtantiam ſervare videntur, apparere debent tanquam locata in ſuperficie ſphæræ cujus centrum oculus occupat. Hinc fit ut corpora omnia cæleſtia licet magnis intervallis alia aliis ſuperiora, ad eandem tamen concavam ſuperficiem atque ſphæricam referamus.

ARTICULUS V.

De coloribus atque iride.

I. TRiplici potiſſimum ratione conſiderari poſſunt colores, nempe quatenus ſunt in ipſis lucis corpuſculis, vel quatenus certam quandam deſignant corporum diſpoſitionem qua fit ut dati alicujus coloris ſenſatione nos afficiant; tandem quatenus in organo viſionis certum motum imprimunt; has ſingulas partes ipſaque iridis phœnomena prolixiori concluſione explicabimus, paucis tamen præmiſſis. De colorum natura variæ ſunt Philoſophorum opiniones. Peripaterici colores omnes accidentia quædam & qualitates eſſe arbitrantur quæ variis corporibus impreſſæ fuerint ipſiſque inhæreant, & in oculis noſtris imaginem vel ſpeciam quandam imprimant. Verum entitates illas exulare omnino jubent recentiores Phyſici; neque enim ad producendam coloris ſenſationem neceſſe eſt ut in corpore ullus color inhæreat, quemadmodum ex cibo ſapor & ex acu dolor percipitur, licet ſapor ipſe in cibo, & dolor in acu non reperiatur. Communis eſt igitur Philoſophorum

omnium

omnium opinio colores esse non entitates aliquas vere corporibus inhærentes, sed quasdam lucis modificationes quæ juxta varium modum quo a diversis corporibus lux resilit atque refrangitur, varias in oculis vibrationes variumque coloris sensum excitant. At quamvis in hac doctrina generatim conveniant Cartesiani & Novvtoniani, rem tamen diverso plane modo explicant. Cartesiani totam colorum differentiam repetunt ex diversa corporum textura, qua fit ut radii lucis diversas in diversis corporibus suscipiant modificationes atque ita varias in nobis excitent colorum sensationes. Contra censet Novvtonus & immensa experimentorum vi plane demonstrat, majorem vel minorem radiorum coloratorum refractionem non pendere a modificationibus quas radius luminis in refractione aut reflexione acquirat, sed ex ipsius radii natura oriri, ita ut diversa colorum fila intrinsecam habeant *refrangibilitatem* coloremque intrinsecum; sed Nevvtoni doctrinam non satis mirandam sequenti conclusione exponemus.

CONCLUSIO

CERTISSIMIS EXPERIMENTIS DIVERSAM RADIORUM REFRANGIBILITATEM DEMONSTRAVIT NEVVTONUS; ATQUE EX EADEM DOCTRINA PENDENT IRIDIS PHÆNOMENA.

PROB. I. Pars. Ex innumeris experimentis quæ Nevvtonus instituit & in Optica fuse persequitur, unum hic primum seligemus vulgo notissimum, quod rem omnino demonstrat. Est autem hujusmodi.

Paratur prisma vitreum triangulare cujus trans-

transversam sectionem exhibet triangulum ABC (Fig. 20.). Solis radius SD, per exiguum foramen D, in cubiculum satis tenebrosum immissus excipiatur facie prismatis, AC, oblique in E. Pars aliqua ex, E, reflectitur, pars alia ipsum ingreditur vitrum & refringitur, ex antea demonstratis, ac proinde etiam ubi pervenit ad faciem CB, pars aliqua intra vitrum reflectitur, pars autem alia e vitro egreditur. Sed de radiis reflexis hic nihil curandum est; solos radios refractos consideramus. Porro radius in E, non refringitur totus in eodem augulo, sed plurium veluti filorum diverse refrangibilium tela retexitur; quæ omnium maxime refringuntur per, Ep, violaceum colorem exhibent, rubeum vero colorem pingunt quæ omnium minime refringuntur per Er, reliquis coloribus intermediis jacentibus in angulo pEr, nempe hoc ordine sedent colores, *rubeus*, *aureus*, *flavus*, *viridis*, *cæruleus*, *indicus*, *violaceus*. Illa autem colorum fila in egressu e facie, CB, rursus iter inflectunt & a perpendiculis TpN, trn, recedunt; filum quidem violaceum omnium maxime, & rubeum omnium minime, ac in pariete vel in charta eodem ordine pinguntur. Porro hic repræsentavimus radium SDE per unicam lineam rectam, & separata colorum fila tanquam lineas, PR, consideravimus. Verum ob foraminis D, amplitudinem ex quovis Solis puncto defertur exiguus quidam radiorum conus, seu quasi cylindrus ad E; & ob diametrum solis apparentem, Ss, defertur per quodvis punctum foraminis, D, conus, EDe, habens angulum EDe, æqualem angulo SDs ad verticem opposito, nempe diametro apparenti Solis. Hinc fit ut radii DE, De, non habeant eundem

an-

angulum incidentiæ ac proinde nec eumdem angulum refractionis. Itaque fila omnia rubea, tum quæ profecta ex eodem Solis puncto transeunt per omnia puncta foraminis D, tum quæ discedunt e diversis Solis punctis, pingunt circa R, exiguam ellipsim seu circellum quemdam, cujus centrum proxime occupat rubeus radius e centro Solis digressus & per centrum foraminis transiens. Idem præstant violacei circa P, atque ita deinceps a centro circelli rubei ad centrum violacei continua serie disponuntur circellorum omnium centra. Hinc fit ut in charta vel pariete non linea quædam colorata pingatur, sed veluti columna binis semiellipsibus vel semicirculis in R & P, & e latere binis rectis infinitas ellipses vel circellos intermedios tangentibus terminata. Porro si interceptis reliquorum colorum filis unicum duntaxat filum, E. G. viride transmittatur, alteroque prismate frangatur, vel pluribus utcumque refractionibus vel reflexionibus torqueatur, jam illud in plura fila non dividitur, sed refringitur totum iisdem legibus quibus in primo prismate fuerat refractum; eundem semper colorem servat, etiamsi prismatis conversione ad quamlibet partem dirigatur, sive transeat per medium lucidum, sive aliorum colorum fila trajiciat, aut etiam densioris umbræ confinia radat. Diversam radiorum refrangibilitatem omnino intrinsecam & immutabilem demonstrat experimentum illud, nec minus clare ostendit necessariam cum radiorum refrangibilitate colorum connexionem.

Nevvtonianam doctrinam plurimis experimentis confirmabimus, ubi solventur objectiones; quare hic pauca addere satis erit. Si radii prismate separati iterumcolligantur ope lentis

lentis convexæ, ut fieri solet, color albus iterum restituitur. Attamen radii illi ex quibus collectis albedo nascitur, ultra punctum intersectionis iterum in colores suos dividuntur, sed ordine inverso; illa enim colorum fila in foco collecta sese deinde decussant. Simili ratione si radii rubri, flavi, virides, cærulei & violacei certa proportione misceantur, subalbicans color inde nascetur qui etiam observabitur in globo septem prædictis coloribus tincto, dummodo globus ille ita rapida manu convertatur ut singuli colores organum visionis seorsim afficere non possint. Si radii solares interna prismatis superficie sub angulo valde obliquo excipiantur, radii violacei reflectentur, transmittentur autem radii rubri; ex hoc experimento colligitur radios magis *refrangibiles*, esse quoque magis *reflexibiles*, seu majori reflexionis facilitate præditos. Itaque ex his paucis experimentis & ex aliis plurimis infra explicandis manifestum est solis imaginem quam *spectrum solare* appellat Nevvtonus, compositam esse ex septem radiis primitivis, diversa refrangibilitate & reflexibilitate præditis, nullique mutationi obnoxiis. Sed antequam ad alteram conclusionis partem progrediamur, observandum est solaris imaginis colores ea proportione in septem intervalla dividi, ut proportionalibus septem tonorum musicorum intervallis satis accurate respondeant. Id quidem plane singulare est, sed præcipiti judicio concludendum non est, inter colorum tonorumque sensationes aliquam esse analogiam; nihil enim habent sensationes nostræ ipsis objectis simile; certum tamen est diversos colores variosque colorum gradus ita inter se componi posse ut jucundissimum oculis spectaculum exhibere possint.

Prob.

Prob. II. Parrs. Iridis origo & generatio haud melius explicabitur quam sequenti experimento. Capiatur globus vitreus BCD, aqua plenus (Fig. 21.), & ita aperto aeri objiciatur ut a tergo spectatoris E, positus sit sol S. Jam si radius ED, ductus ab oculo ad punctum D, globi BCD constituat angulum 42° 11' cum recta EM, quæ ad partes solis producta intelligatur, & in solem ipsum incurrat, tunc pars globi vitrei D, rubro colore tincta apparebit; sed si angulus, DEM, paulatim minuatur, tunc evanescet quidem color rubeus, sed in ejus locum succedet primum flavus, tum sequentur colores alii ex ordine, & ultimo loco violaceus; hic autem postremus color sese conspicuum non præbet, nisi angulus DEM, fiat 40° 16'; ita ut colorum limites intra grad. 42. min. 11. & grad. 40. min. 16. contineantur, ac proinde tota colorum latitudo occupat spatium 1°. 55'. In hoc autem experimento colores generantur per binas radiorum solarium refractiones & unam reflexionem. Nam radius SB, incidens in globi punctum B, primum refrangitur in BC, tum reflectitur in CD, iterumque refrangitur in DE, atque eadem directione subit oculum E, angulos prædictos comprehendens cum recta EM quæ producta tendit ad solem. Porro adnotare oportet radium Solis SB, qui globo occurrit in B, & post binas refractiones unamque reflexionem ad oculum in E pertingit, parallelum esse rectæ ME, tendenti ad solem S. Etenim cum rectæ BS, ME tendant ad Solem infinito propemodum intervallo a terra distantem, si intervallum illud conferatur cum distantia radiorum B, M, facile intelligitur rectas ME, BS tanquam parallelas haberi posse.

ſe. Quare productis SB, ED, donec concurrant in X, erunt anguli alterni, EXD, DEM, æquales inter ſe. Jam vero quoniam experimento compertum eſt apparere colorem rubrum in D, ubi angulus DEM eſt 42° 11', cumque ſit angulus DEM, æqualis angulo BXD, videbitur quoque color rubeus in D, ſi angulus BXD, quem radius incidens BS, & emergens DE, producti continent in X, ſit 42° 11'. Si autem hic angulus paulatim minuatur, evaneſcet quidem rubeus color, ſed in ejus locum ſuccedent ex ordine colores alii, ut jam diximus. Porro ut conſpicuus maneat color violaceus, neceſſe eſt angulum BXD, eſſe 40°. 16'. Si autem angulus paulo minor evadat, jam nulli amplius colores apparebunt.

Ad demonſtratas refractionum leges revocari poteſt præcedens experimentum. Eſto, O, centrum ſphæræ vitreæ a quo in radios SBX, & BC, cadant perpendiculares OR, OQ, jungaturque OB, erit OBX, angulus incidentiæ cujus ſinus eſt OR, ſumpto OB, pro ſinu toto ſive radio, & OBC, angulus refractionis cujus ſinus eſt OQ. Similiter demiſſis in radium reflexum CD, & emergentem EDX, perpendicularibus Oq, Or, junctoque radio OD, erit ODC, angulus incidentiæ, & ODX angulus refractionis, quorum angulorum ſinus ſunt Oq, Or. Jam vero in refractionibus radiorum rubrorum quæ fiunt in tranſitu ex aere in aquam, ſinus anguli incidentiæ eſt ad ſinum anguli refractionis ut 108 ad 81 circiter; in refractionibus vero radiorum violaceorum quæ fiunt pariter in tranſitu ex aere in aquam, ſinus anguli incidentiæ eſt ad ſinum anguli refractionis ut 109 ad 81; quare in radiis rubeis OR eſt

ad

ad OQ ut 108 ad 81, in violaceis autem ut 109 ad 81. Similiter in rubeis Oq ad Or, erit viciſſim ut 81 ad 108, in violaceis vero ut 81 ad 109. Quibus conſtitutis, ſi calculus ineatur, ex Trigonometria, prodit angulus BXD pro radiis rubeis 42° 11', pro violaceis autem 40, 16'. Qui quidem anguli cum experimento ad amuſſim conſentiunt. Jam fingamus partem aliquam atmoſphæræ quæ oculis ſpectatoris obverſatur, rotundis aquæ guttis refertam eſſe, & rectam EM, per oculum ſpectatoris ductam ita poſitam eſſe ut producta ad partes a ſpectatore averſas in ſolem incurrat; Si guttula BCD talem habeat ſitum reſpectu ſolis & oculi, ut radius SB, bis refractus & ſemel reflexus perveniat ad oculum ſub angulo DEM 40° 16' guttam illam violaceam apparere neceſſum eſt. Si autem guttula ſublimior talem habeat ſitum, ut radius bis refractus & ſemel reflexus accedat ad oculum ſub angulo 42° 11', gutta rubea apparebit; & ita dicendum eſt de aliis guttis intermediis. Itaque intelligamus innumeras hujuſmodi lineas, ita ut ſemper fiant anguli propriæ radiorum refrangibilitati convenientes, diverſi repræſentabuntur colores. Jam vero oculus ſpectatoris conſiderari poteſt tanquam locatus in communi vertice conorum omnium quos generant radii ad oculum pertingentes; evidens autem eſt pro diverſa radiorum refrangibilitate diverſos haberi conos, eundem tamen verticem, nempe oculum, habentes. Hæc autem conorum formatio intelligi facile poterit, ſi revocemus in memoriam objecta ſatis remota ad eandem ab oculo diſtantiam referri, ac proinde tanquam in circulo poſita videri; quare patet multa objecta hoc modo diſpoſita, ſeſe conſpicienda præbere in coni ſuper-

perficie. Igitur manifestum etiam est guttas rubeas pertinere ad superficiem coni in quo angulus ad verticem major est, guttas autem violaceas referri ad conum in cujus vertice angulus minor est, & ita aliorum colorum guttæ ad conos intermedios referuntur. Hinc ergo intelligitur diversas guttarum species per diversas colorum fascias vel arcus esse disponendas. Hæc quidem est origo iridis quæ *primaria* seu *interna* vocatur; sed hanc iridem circumdat aliquando alia quæ *secundaria* seu *externa* dicitur.

Iridis secundariæ generatio consimili experimento explicatur. Si nempe globus vitreus soli objiciatur ita ut angulus DEM, sit 50° 58 circiter, apparebit color rubeus in D. At si angulus DEM, evadat paulo major, evanescet quidem rubeus color, sed in ejus locum succedet primum color flavus, tum alii colores atque ultimo loco color violaceus, qui color ut fiat conspicuus necesse est angulum DEM esse 54° 9', ac proinde iridis secundariæ limites inter 50° 58' & 54° 9 continentur ita ut colorum latitudo occupet spatium 3° 41'. Quare distantia inter duas irides erit 8° 47'. Verum in calculis præcedentibus radios per centrum solis transeuntes duntaxat consideravimus; at cum diameter solis apparens sit 30 circiter, duæ extremæ colorum fasciæ, rubri scilicet & violacei augeri debent 30' in iride interiori, nempe color violaceus infra augetur 15, color autem rubeus supra totidem 15'. Contra autem in iride exteriori, color violaceus supra augetur 15, infra autem color rubeus; colores enim in utraque iride sunt contrario ordine positi. Igitur arcus utriusque distantia minui debet 30', ac proinde latitudo arcus interioris erit 2° 25', arcus au-

tem

tem exterioris 3° 41', utriusque arcus distantia 8°. 17'; quod quidem cum observatis iridis dimensionibus accurate consentit. Porro in hoc experimento quod quidem non secus ac præcedens ad calculum trigonometricum revocatur, colores generantur per binas refractiones totidemque reflexiones, atque ea de causa fit ut secundariæ iridis colores sint dilutiores minusque vividi; & idcirco irides secundariæ videri non solent, nisi cælum anterius sit admodum nubilum, & obscurum, atque hinc patet cur rarissime conspiciatur tertia iris, quæ, præter duas radiorum refractiones, triplicem reflexionem admittit. Porro quemadmodum sol iridem effingit in nube aquea, idem quoque interdum facit Luna plena, si nempe eædem concurrant conditiones quæ in solari iride postulantur. Id solum interest quod iridis lunaris colores multo languidiores sint, ob luminis lunaris vim multo debiliorem. Iridis phænomena hactenus explicavimus, ea quæ nobis conceditur doctrinæ facilitate; At uberior explicatio difficiliora requireret principia; ex demonstratis id saltem evidens est iridis phænomena omnino pendere ex diversa radiorum refrangibilitate.

Porro ex iis quæ diximus intelligere est iridem primariam omnino evanescere, si altitudo solis supra horizontem major fuerit 42°. Etenim in hoc casu recta EM, radiis solaribus parallela, cum horizonte infra efficit angulum 42° majorem, ideoque linea DE quæ cum recta, EM, efficere debet angulum 42°. est infra horizontem ita ut radius ED, superficiei terrestri occurrat & ad oculum non pertingat. At si altitudo solis major sit 42°, minor autem 54°, iridem secundariam videre possumus, evanescente primaria.

maria. Porro ex angulorum magnitudine facile colligitur utramque iridem situ contrario positam esse, ut antea monuimus; nempe in iride primaria color rubeus infra, violaceus autem supra conspicietur & contra in iride secundaria, & ita alii colores intermedii oppositum ordinem servabunt. Si tellus esset tanquam punctum, vel si esset adeo parva ut liceret nobis ea videre quæ latent sub horizonte, utramque iridem primariam scilicet & secundariam conspiceremus integram. Recta linea a sole ad centrum iridis circularis ducta perpendicularis esset ad planum iridis & per spectatoris oculum transiret. Itaque in hac hypothesi iris nihil esset aliud quam corona variis coloribus distincta, eaque foret basis duplicis coni recti quorum unius vertex esset Sol, alterius autem oculus spectatoris. At iris quam in cœlo spectamus pars est aliqua hujus coronæ quæ eminet supra horizontem loci; horizon enim in causa est ne reliqua pars existat ac proinde ut corona mutile conspiciatur. Hinc intelligitur quare arcus cælestis modo majorem modo minorem circuli portionem referat; illius siquidem magnitudo pendet ex parte superficiei conicæ supra telluris superficiem eminente, dum iridem conspicimus. Hæc autem portio major est vel minor pro majori vel minori lineæ EM, ad telluris superficiem obliquitate. Hæc obliquitas crescit, pro majori solis altitudine supra horizontem, ac proinde decrescit cœlestis arcus amplitudo. At semicirculo major esse non potest iridis magnitudo; Etenim sol sub horizonte latens conspicuus non est, & cœlestis arcus centrum semper est in linea EM; sed sole existente in ipso horizonte, prædicta linea terram radit; ergo nunquam supra tel-

luris superficiem eminet. Si tamen spectator in altissimo monte fuerit constitutus, tunc *linea* EM, in qua jacet iridis centrum, magis attolletur supra horizontem, ideoque iridis arcus semicirculo in hoc casu major observabitur.

Præterea si pluvia spectatori vicinior sit, jam minoris amplitudinis erit basis coni in cujus vertice positus est oculus, ac proinde arcus tanto minor apparebit & contra. Si pluvia desinat ex parte dextera, videbitur tantum pars arcus sinistra; cessante pluvia ex parte sinistra, sola pars arcus dextera spectabitur; denique cessante pluvia intermedia, conspicua tantum erunt arcus crura. Antequam objectiones proponamus & hanc doctrinam nostris responsionibus confirmemus, prætermittendum non est quid per radios *efficaces* intelligunt Physici. Considerant nempe parallelos solis radios in guttam aqueam incidentes; ex hoc radiorum fasciculo aliqui in gutta refracti ad idem guttæ punctum concurrunt, postea reflexi & iterum refracti e gutta exeunt paralleli. Quoniam radii illi sunt valde proximi, vi satis magna oculum percellunt, si ad illum possint pertingere, & ideo dicuntur *efficaces*. At radii alii nimis divergentes tanta vi non agunt in oculum ut vividos colores, quales in iride observantur, possint excitare, & ideo radii illi vocantur *inefficaces*. De radiis efficacibus præclara quidem Theoremata cum insignioribus Geometris possemus demonstrare; sed ex his quæ hactenus explicare licuit satis patet conclusionis propositæ & Nevvtonianæ doctrinæ veritas.

Objic. Adversus primam partem. Nevvtonianam doctinam evertere omnino videntur accuratissima experimenta. Si filum diversis par-

partibus tinctum, duplici colore rubro nempe & cæruleo, inermi oculo contemplemur, omnes fili partes diversis licet coloribus pictæ *in directum* apparent; quod non contingeret, si radii diversam haberent refrangibilitatem. Præterea solertissimus naturæ indagator Mariottus in distantia pedum circiter 30, colorem violaceum qui majus quam trium linearum spatium occupabat, per rimam duarum circiter linearum trajecit & prismate alio valde obliquo excepit; id autem se observasse profitetur, quandam scilicet hujus coloris partem in colorem cæruleum & rubrum fuisse mutatam. His positis sic argumentantur. Quidquid de coloribus, suis experimentis demonstratum confidunt Nevvtoniani, ad duas potissimum revocatur radiorum proprietates, nempe diversam illorum refrangibilitatem atque immutabilitatem; atqui utramque proprietatem lumini detrahunt objecta experimenta. Ergo..... Resp. Neg. Min. Experimenta illa carent ea diligentia & dexteritate, quæ in re subtilissima sunt omnino necessariæ. Et quidem quod spectat primum experimentum, diligentiori manu hoc modo iterandum est. Sumatur nempe chartæ plagula, eaque linea transversa ad perpendiculum ab uno latere ad alterum ducta in duas æquales partes media dividatur; harum una colore rubro, altera cæruleo inficiatur. Expedit porro ut colores quibus illinitur charta, largi sint ac saturi. Tum vero plagula sic infecta ad fenestræ operculum firmatur, ita ut vivido lumine illustrari queat. Si per prisma sic inspiciatur charta ut refractione altius attolli videatur, dimidia ejus pars quæ est colore cæruleo infecta, altius videbitur attolli quam quæ rubra. Si autem ita convertatur Prisma

ut charta refringendo descendere videatur, tum cærulea pars aliquanto inferius quam rubra demitti videbitur. Hoc quidem experimento coloris rubri & violacei diversa refrangibilitas omnino evincitur. Quod alterum spectat experimentum; perfectam colorum separationem in prima refractione desiderari certissimum est; nempe cum violaceo colore aliquod aliud peregrinum lumen permixtum fuit quod secunda refractione sese prodidit. Et quidem maxima imaginis pars colorem suum constanter retinuit, & præterea lumen illud quod inexpectatum colorem retulit, unum ex septem primitivis coloribus exhibuit. Hanc esse hujus eventus causam ostendit Nevvtonus dum anno 1716. idem experimentum omni adhibita diligentia iteravit coram Societate Londinensi, vocatis quoque externis testibus plurimis qui experientiæ fidem facerent. Quid autem in capiendis hisce experimentis observari & caveri maxime debeat, breviter monebimus.

Immisso solis radio per exiguum rotundumque foramen in cubiculum tenebrosum; intervallo circiter decem duodecimve pedum a fenestra collocare oportet lentem optimæ notæ qua foraminis imago in charta ultra lentem sita distincte depingatur. Statim ac ex imagine quæ accurate rotunda esse debet, agnoscitur lentem debita positione donatam esse, proxime post lentem prisma interponitur quo lumen trajectum refringatur, vel sursum vel in latus. Ut autem imago quæ ex rotunda in oblongam mutabitur, nitida sit & parallelis inter se lateribus definita, chartam qua imago excipitur, ultro citroque movere præstabit, donec charta & prisma justo inter se spatio distent & rectilinea imaginis latera maxime

xime diſtincta appareant. In capiendo experimento id curandum eſt diligenter ne lumen peregrinum a parietibus reflexum ſeſe imagini oblongæ immiſceat eamque interturbet; quare plurimum proderit cubiculi parietes nigris pannis aut periſtromatis integere. Porro illud omnino prætermittendum non eſt quod plurimis dedit errandi occaſionem; ſi nempe foramen ſit adeo amplum ut radii in priſma incidentes magnam illius faciei partem occupent, jam diverſa colorum fila a ſe invicem non ſatis recedunt, niſi magna ſit chartæ a priſmate diſtantia; in extremis duntaxat columnæ ſolaris limitibus colores videntur ſaturi & puri, violaceus nempe ac rubeus, in medio autem color albus ex colorum omnium permixtione conflatus. Si vero ſenſim removeatur charta, vel imminuto foramine contrahatur imago, in utroque caſu incipiunt apparere prope rubeum flavus, prope violaceum cæruleus, primum quidem dilutiores, deinde magis ſaturi, donec demum viridis in medio exurgat, & omnia colorum fila nitide ſeparentur. Præterea angulus priſmatis ſatis magnus eſſe debet ut nempe ſub magna obliquitate in ſuperficiem refringentem lux incurrat & ita validius refringatur. Etenim ex demonſtratis de angulo incidentiæ & refractionis manifeſtum eſt quid angulus priſmatis ad colorum ſeparationem conferat; atque hinc etiam patet cur in vitris per binas ſuperficies planas parallelas terminatis, licet habeatur refractio, ipſa tamen colorum diviſio nequaquam fiat oculis conſpicua. Tandem ſi vitra adhibeantur aeris bullulis fœda, vel non ejuſdem homogeneæ denſitatis, minus feliciter ſuccedit experimentum. Si autem obtineri nequeant priſmata quæ hujuſmodi experimentis

capiendis idonea ſint, quæ ſcilicet arenæ granulis bulliſque aeris penitus careant, ſatius erit, loco priſmatum, vaſis uti & confractorum ſpeculorum partibus in formam priſmatum, concluſa intus aqua pluvia, compactis, atque, ad augendam refractionem, aquam Saccharo Saturni copioſe imbuere. Si lumen ita ſeparatum, vel mediante convexa lente contrahatur, vel alteri priſmati ſubjiciatur, in utroque caſu invariati omnino manebunt colores.

Inſt. I. Certiſſimum eſt præter ſeptem colores ex unico ſolari radio enatos, infinitam prope modum exiſtere colorum varietatem. Ex ſeptem coloribus primitivis componi poſſunt alii colores innumerabiles; porro ſi exiſtant duntaxat colores ſeptem, jam colores alii quilibet apparentes duntaxat eſſent & meri oculorum errores, quod abſurdum videtur. Ergo &c. ... Reſp. N. Conſ. Ex præcedenti objectione hoc unum colligi poteſt duplex diſtinguendum eſſe colorum genus. Alii nempe colores ſunt *primitivi* & *ſimplices* qui componuntur ex radiis conſtanti refrangibilitatis gradu præditis. Tales ſunt colores ſeptem ex radii ſolaris diviſione, &, ut ita dicam, *anatome* oriundi. Alii autem colores ſunt *ſecundarii* ex coloribus primitivis permixti. Componi quidem poſſunt colores primigeniis coloribus ſimiles, quoad ipſum coloris *gradum* & *tonum*, non vero quoad ipſam immutabilitatem; quod quidem demonſtrant recenſita priſmatis experimenta. Et reipſa ſi diverſorum colorum pulveres inter ſe miſceantur, colorem alium oculis exhibent. At ſi colorem compoſitum exquiſito microſcopio contemplemur, varias colorum partes facile diſtinguemus.

Inſt.

Inſt. II. Colorum varietatem ex diverſa corporum textura omnino pendere, oſtendunt ſumpta in minimis corporum lamellis experimenta. Si ex ſapone aqua permixto minimæ bullulæ excitentur, ſingulorum colorum radios tranſmittere obſervantur lamellæ illæ ad certos uſque craſſitiei limites; deinde aucta craſſitie radios cæruleos primum reflectunt, deinde virides, flavos & rubeos. Aucta magis craſſitie, radios cæruleos, virides, flavos & rubeos ſed tantiſper permixtos exhibent; tandem radios omnes ita ſimul compoſitos reflectunt ut inde color albus naſcatur. Si tenuiſſimarum lamellarum craſſities creſcant ſecundum progreſſionem numerorum naturalium 1, 2, 3, 4, 5 &c., cæteris paribus, primaque lamella colorem homogeneum reflectat, hunc tranſmittet lamella ſecunda, tertia lamella hunc eundem colorem rurſus reflectet, & ita deinceps; lamellæ ſcilicet quarum craſſities ſunt ut numeri impares 1, 3, 5, 7 &c. eoſdem radios reflectent quos traſmittent lamellæ aliæ, quarum nempe craſſities creſcit in ratione numerorum parium 2, 4, 6, 8 &c. Hinc colorem *primi ordinis* appellant Phyſici colorem homogeneum cujus ſingulos radios lamella aliqua reflectit; at in lamella cujus craſſities eſt triplo minor, color *ordinis ſecundi* dicitur, in lamella autem cujus craſſities eſt quinquies minor, *tertii ordinis* color appellatur. Color primi ordinis eſt omnium vividiſſimus, atque ita ex ordine creſcit colorum intenſitas. Quo minor eſt lamellæ craſſities, cæteris paribus, eo majorem reflectet lucis copiam ad certos uſque limites ultra quos nullam reflectet lucem; at quo major eſt lamellæ craſſities, eo plures reflectuntur colores, atque etiam pro varia oculi poſitione co-

lor aliquando variare observatur; in aliis autem casibus permanere. His præmissis experimentis, sic concludere licet. Ex diversa radiorum refrangibilitate non pendet colorum varietas quæ ad diversam corporum texturam referenda omnino videtur, atqui &c. Ergo... Resp. N. Min. Doctrinæ hactenus explicatæ nihil repugnat proposita objectio; & certe non negamus ex diversa corporum textura pendere colorum varietatem; semper tamen manet diversa atque intrinseca radiorum refrangibilitas & reflexibilitas; cum, eadem manente corporis textura, varias refractiones & reflexiones patiantur radii. Hæc, quæ objicitur, colorum reflexio & transmissio per tenues lamellas, *accessus facilis reflexionis & facilis transmissionis* a Nevvtono appellatur. Hujus denominationis ratio patet; cum lamellæ lucis radios per vices reflectant atque transmittant. Quamvis autem experimenta illa Nevvtonianam doctrinam non labefactent imo confirment, fatendum tamen est illorum explicationem ea munitam non esse perspicuitate quæ rerum physicarum æquis æstimatoribus satisfacere, nullamque dubitationem relinquere possit. Hæc enim experimenta cum intima lucis corporumque natura conjungi videntur, ac proinde certiorem desiderant de luminis corporumque natura cognitionem & fortasse semper desiderabunt; asseremus tamen quod a Nevvtonianis probabilius creditur. Si duo vitra sibi invicem apprimantur quæ sint majoris sphæræ segmenta, aer his duobus vitris comprehensus tenuissimum veluti discum efformat cujus eadem non est ubique crassities. In puncto contactus ubi crassities hæc nulla est, macula nigra apparet circa quam observantur annuli plurimi diversis coloribus tincti & an-

& annulo albo a se invicem separati. Ut autem experimentum illud quod ad rem præsentem pertinet, probe intelligatur, de lamellarum corporumque pelluciditate aliquid observandum est. Tenuissimæ quorumlibet corporum lamellæ pelluciditatem demonstrant, si radiis solaribus objiciantur, vel microscopio conspiciantur. Quotidiana notum est experientia pelluciditate sua privari fluida, ubi in spumam abeunt. Spuma autem constat aeris bullulis tenuissimo liquoris velamine obductis. Igitur dum fluida spumescunt, in iis propriæ materiæ partes minus voluminis occupant quam meatus iisdem partibus intercepti atque aere turgentes. Quapropter corpora ex pellucidis opaca fiunt, si eorum meatus rariori materia oppleantur.

Hoc ipsum deprehenditur in corporibus solidis; sumatur nempe vitri frustum cujus crassities sit duorum circiter pollicum, aliaque subtiliora frusta sibi invicem superimponantur ita ut massam efforment ejusdem ac illud crassitiei. Si trans frustum prius conspiciatur, itidemque trans massam ex duobus aut pluribus vitreis frustulis compositam, illud hac pellucidius apparebit. Porro hoc unum inter utrumque vitrum discrimen occurrit, nempe vitrum solitarium nullo aere interrumpitur; at massa ex frustis compacta aerem intercipit. Si frustula vitrea sibi invicem apposita glutine aliquo jungantur, ita ut inter ipsa aliquid aquæ irrepere valeat & aggregatum istud aquæ immergatur, longe pellucidiora videbuntur frustula illa quam dum aer interjacebat. Cum ergo corpora ideo fiant pellucidiora, quod illorum interstitia occupet materia cujus densitas ad propriam densitatem accedit; ea est probabilissima & fere demonstrata pelluciditа-

tis caufa ; Si nempe tenuiffimæ corporum lamellæ ita fint inter fe difpofitæ ut in illarum interftitiis nullæ vel faltem pauciffimæ fiant reflexiones & refractiones, jam corpora erunt pellucida. At fi lamellarum interftitia materiam contineant heterogeneam ita ut lucis radii reflexionibus & refractionibus plurimis torqueantur atque debilitentur, corpora fiunt opaca.

Hæc autem experimenta Nevvtonianam de lamellarum coloribus doctrinam apprime confirmant. Etenim intelligamus minimas lamellarum particulas lamellafque ipfas, medio aliquo a fe invicem effe feparatas; illius autem medii denfitas ab ipfa lamellarum denfitate magis minufve differat. Jam vero demonftratum eft lucis refractionem & reflexionem pendere ex corporis refringentis & reflectentis vi attractiva, atque ex diverfa radiorum refrangibilitate. Itaque ex his caufis generatim intelligere licebit varia per tenuiffimas lamellas colorum phœnomena pro varia particularum craffitie mediique denfitate, & vi refringente; colores nempe pro diverfis conditionibus diverfi aut etiam omnes, & fæpe nulli reflectentur, vel tranfmittentur. Hæc autem colorum phænomena quæ conftantiffima omnino obfervantur, tribui certe non poffunt fortuitæ alicui caufæ, quales forent irregularis atque mutabilis partium difpofitio, variabiles atque inconftantes in aere & æthere motus, aut aliæ hujufmodi conditiones fine ulla lege. Etenim fi radii omnes eandem haberent refrangibilitatem, qua ratione explicari poffet coloris albi in varios colorum annulos difperfio fumme regularis? Nunquam certe intelligi poterit cur, cæteris paribus, eo magis vividus atque homogeneus appareat color quo te-

tenuióres sunt particulæ; cur prædictæ particulæ crassitiem omnium maximam habeant, si corpus fuerit rubrum, & omnium minimam si violaceum; cur tandem in quibusdam corporibus constantes sint colores, in aliis autem pro diverso oculi situ variabiles. At hæc omnia generali saltem ratione intelligi possunt, si primigenias & immutabiles in radiis admittamus dispositiones, quibus fit ut eosdem semper datos colores producant. Itaque diversæ colorum mutationes tribui non debent physicæ alicui variationi in radiis lucis per refractionem aut reflexionem productæ, sed diversæ radiorum permixtioni vel separationi, quæ ob diversam illorum refrangibilitatem vel reflexibilitatem diversæ sunt. Nec difficilius explicatur quare colores aliqui pro vario oculi situ mutabiles appareant. Etenim quamvis in plerisque corporibus lamellarum densitas ipsam superet medii circumjecti densitatem, aliquando tamen fit majorem esse densitatem medii, atque in hoc casu, ob majorem medii vim refringentem, radii oblique incidentes magis recedunt a perpendiculari, ac proinde ob majorem in motu luminis mutationem, pro mutata oculi positione, colorem quoque mutari necessum est. Ea de causa repetendum est cur Pavonum caudæ nonnullique bombycini panni, & alia corpora plurima, pro diverso oculi situ, diversum exhibeant colorem.

Ex iisdem principiis pendent corporum naturalium colores; etenim corporis cujuslibet colorati superficies potest considerari tanquam composita ex lamellis pellucidis quæ certam habent crassitiem, & medium etiam datæ densitatis intra poros admittunt. Igitur quæcumque dicta sunt de minimis lamellis, de ipsis quoque corporum quorumlibet superficiebus

intelligi possunt; nempe corpora eum demonstrant colorem cujus radios majori saltem copia reflectunt; vel potius hujus videntur coloris qui ex radiorum reflexorum mixtura componitur; Si vero neque reflectant radios, neque transmittant, sed omnes vel fere omnes absorbeant, colore nigro inficiuntur. Hæc quidem sunt quæ generatim ostendi possunt de lamellarum corporumque coloribus; verum pro meris conjecturis atque hypothesibus haberi debet quidquid de minimarum particularum densitate & constitutione definire audent nonnulli. Et re quidem ipsa Nevvtonus qui demonstrationis severitatem in rebus etiam Physicis summo studio quæsivit, ex corporum naturalium coloribus particularum componentium crassitiem probabiliter tantum investigandam proponit. Et certe corporum particulas tenuesque lamellas, eadem manente densitate, eosdem exhibere colores mera est conjectura.

Sed quidquid sit, certum omnino est colores in corporibus non esse. Si exscindantur aliquæ taleolæ ex ligno *Nephritico* quod cærulei coloris est, eisque in vase affundatur aqua putealis pura ac limpida, extrahetur color qui singularis omnino indolis esse videbitur. Oculo inter fenestram & poculum posito color apparet intense cæruleus minimeque perspicuus; tinctura autem inter poculum & fenestram collocata perspicuus & ruber color pulchre splendet, dummodo tinctura sit satis crassa ut colorem præseferat valde saturum. Sed si tenuior fuerit atque dilutior, colorem cæruleum saturum conspiciemus. Si eadem tinctura solaribus radiis illustretur, cæruleus ejus color vividior evadit; & in viridem degenerat, si crassa est tinctura. Prope

pocu-

poculi oram apparet *viride maris*, & cum Sol in tincturam desuper radios emittit, tota ejus superior superficies viride maris refert. Ex parte cærulea, opaca est tinctura; ex alia vero quæ rubra est vel flavo cærulea, pellucida deprehenditur. Quomodocumque vertatur poculum & quavis positione donetur, semper cæruleus color ibi apparet, ubi tinctura solari lumine illustratur illudque reflectit; ruber vero vel flavo cæruleus huic poculi lateri adhæret quod transitum luci permittit. Jucundum propterea oculis spectaculum præbet globus vitreus tinctura ligni nephritici plenus, si noctu ante candelam accensam statuatur & in omnes partes manu versetur. Etenim si globus circumagatur, simul ac rubens color apparet, repente cæruleus aut viridis marinus in conspectum venient, evanescente penitus rubro. Si nephritica tinctura pallida luce illustretur, color cæruleus multo elatior apparet quam cum ipsa intenso lumine coruscabat. Itaque quoniam tinctura cærulea apparet per radios reflexos, rubra autem vel flavo cærulea per radios transmissos seu refractos, necesse est ut aliud lumen reflectatur, aliud refringatur. Quare cum color ex lumine reflexo aut refracto oriatur, tincturæ ingenitus esse nequit. Quia tamen non quodlibet materiæ genus eo modo lumen reflectit vel refringit quo solet tinctura nephritica, tenendum omnino est singulare aliquid tincturæ inesse, vi cujus peculiaris illa reflectendi ac refringendi proprietas, ei & non aliis corporibus competat. Id autem experimento rursus confirmatur. Nephritica tinctura ex illa etiam parte quæ a lumine aversa est, cærulei coloris apparet; At si aliquot olei vitrioli, vel etiam spiritus

vi-

vitrioli, vel denique aquæ fortis guttulæ, tincturæ affundantur; cæruleus color statim evanescit & aureum colorem tinctura acquirit quem sive per radios reflexos sive per transmissos visa constanter refert. Notum est tria fluida memorata *corrosiva* esse; unde partes ligni nephritici quæ aquæ colorem impertiunt, in alias multo minores particulas frangere valebunt, si tincturæ instillentur. Hac divisione fit ut figuram aliam aliamque magnitudinem assequantur, ideoque per aquæ interstitia sese vario ordine distribuant. Quapropter manifestum evadit vim refringendi luminis una cum colore in fluido immutari, dum ejus particulæ diversa magnitudine, figura ac positione donantur. Innumera suppetunt hujusmodi experimenta quæ non solum confirmant doctrinam Nevvtonianam, verum etiam in arte pictoria & tinctoria utilitatis maximæ esse possunt; qua de re legi debet Boerrhavii Chemia. Sed utilitates illas persequi non sinit præscripta brevitas.

Inst. III. Diversa radiorum refrangibilitas tribuenda esset vel diversæ radiorum massæ, vel diversæ illorum velocitati; utrumque autem caret verisimilitudine: Re quidem vera, si radiis rubris major affingatur massa, jam vis refringens minus in illos agit & inde intelligi posse videtur cur radii rubri minus refringantur. Simili ratione, si minorem massam habeant radii violacei, magis cedere debent vi refringenti, ideoque sunt magis refrangibiles. Hæc quidem ita se habere sibi quis persuadere posset, sed facilius. Etenim corpus quantumvis magnum vel exiguum, eadem velocitate projectum eandem parabolam describit, ut notum est ex demonstratis in Physica generali. Ergo a pari nullam diver-
sam

ſam refrangibilitatem inducere debet diverſa radiorum maſſa, quæ quidem minima omnino eſt & fere infinite parva, ſi conferatur cum medio refringente. Supereſt igitur ut diverſa refrangibilitas in diverſam radiorum velocitatem referatur. Verum hæc hypotheſis graviſſima & inſuperabili premitur difficultate. Etenim in eclipſibus ubi planeta emergit ex umbra, radii quorum velocitas major eſt, primum apparerent, nempe rubri & tardius omnium violacei; tandem permixtis radiis ſeſe conſpicuum præberet color albus; quod repugnat phœnomenis His poſitis ſic concluditur: admittenda non eſt illa diverſa refrangibilitas quæ nulla hypotheſi poteſt explicari, atqui &c. Ergo . . . Reſp. N. Maj. & Min. Ubi factum aliquod certiſſime conſtat, non ideo negandum eſt quia nos latet facti ratio; neque eos imitari volumus audaciores viros, Philoſophorum nomine plane indignos, qui omnia explicare tentant & quos pudet in difficilioribus etiam quæſtionibus ſuam, ſilentio ſaltem, fateri ignorantiam. Verum quod ſpectat refrangibilitatis cauſam, eam tribui aperte non rupugnat diverſæ radiorum maſſæ & naturæ, ita ut diverſa evadat attractio ac proinde & refractio; ſed diverſam refrangibilitatem diverſæ radiorum velocitati tribuendam eſſe, longe probabilius eſt; illi enim radii qui majorem habent velocitatem, magis reſiſtunt vi refringenti, & contra facilius cedunt qui minori donantur velocitate. Nec valet propoſita difficultas de colorum ſeparatione in eclipſibus minime conſpicua. Etenim cum planeta obſervari non poſſit, niſi pars ejus aliqua ex umbra emerſerit, fieri poteſt ut tempore quo pars illa ex umbra emerſit, radii omnes ad oculum jam pervenerint. Ex

data

data radiorum refrangibilitate, velocitatum rationem in hac hypothesi determinant Geometræ, atque velocitatis differentiam in radiis rubris, & violaceis inveniunt $\frac{1}{41}$ circiter, quæ differentia, si transferatur ad Satellitum Jovialium eclipses, ad minuti unius intervallum reducitur inter radiorum, & violaceorum appulsus ad oculos, jam vero conferamus temporis differentiam quæ ex ipsa organi constitutione inter duos observatores oritur, manifestum erit fieri omnino posse ut satelles non fiat conspicuus nisi post radiorum omnium appulsum ad oculos. Præterea unico temporis puncto hæc colorum separatio permanet, radiique minus refrangibiles ita citissime cum aliis proxime magis refrangibilibus miscentur, ut acutissimo quidem oculo discerni non possint colores separati. Quæ cum ita sint, patet diversæ radiorum refrangibilitati satisfacere posse diversam eorumdem velocitatem; neque repugnat radios inter se differre, tum massa, tum velocitate.

Ad præsentem doctrinam pertinent difficillima crystalli islandicæ phœnomena. Est crystallus islandica lapis pellucidus & fissilis, figuram habet certam, & constantem, quæ est fere parallelopipedi obliqui, lateribus sex parallelogrammis, & octo angulis solidis terminati. Porro illud est in crystallo islandica mirabile, quod radius quilibet in hanc crystallum incidens duplicem patiatur refractionem; Si enim hujus lapidis frustum libro typis impresso imponatur, literæ singulæ trans crystallum istam, gemina refractione, videntur binæ. Præterea si luminis radius in quamlibet crystalli islandicæ superficiem incidat, vel ad perpendiculum vel sub quovis angulo

gulo

gulo obliquo, confestim is dividetur per geminam hujusmodi refractionem in duos radios, quorum quidem radiorum uterque retinet colorem radii incidentis. Duarum autem istarum refractionum altera eo modo efficitur quo ex usitatis legibus fieri debet; nimirum sinus incidentiæ ex aere in crystallum eam habet rationem ad sinum refractionis quam habet numerus 5 ad numerum 3. Altera vero refractio quæ *inusitata* appellatur, lege prorsus diversa efficitur. Planum in quo jacent radius perpendiculariter incidens & radius lege inusitata ab eo divisus, *planum refractionis perpendicularis* appellatur a Nevvtono. Has easdem leges servant radii ubi ex crystallo emergunt; radius nempe qui in prima superficie refractionem *usitatam* vel *inusitatam* subiit, per alteram superficiem usitata quoque vel inusitata lege refringitur, sic tamen ut radius incidens & uterque radius emergens sint paralleli inter se. Si duo crystalli frusta sibi superimponantur, ita ut utriusque crystalli superficies sint accurate parallelæ, radii lege usitata vel inusitata per primam superficiem refracti, eadem quoque usitata vel inusitata lege per alteram superficiem refringentur; atque eadem contingunt phœnomena, quæcumque sit mutua superficierum inclinatio, dummodo refractionum perpendicularium plana sint accurate parallela.

Ex his experimentis concludit Nevvtonus congenitam quandam esse in radiis luminis differentiam, qua fit ut in prædicto experimento radii alii perpetuo refringantur, ratione usitata; alii autem perpetuo ratione inusitata. Etenim si differentia ista non esset congenita, sed oriretur ex novis *modificationibus*; ea

ea quæ imprimeretur radiis modificatio in prima refractione, utique in tribus sequentibus modificationibus, aliis nempe refractionibus, immutaretur; quæ cum nihil variet, sed eadem perpetuo maneat, patet inusitatam refractionem pendere ex congenita quadam radiorum proprietate. Itaque censet vel potius conjectatur Nevvtonus radiorum luminis diversa esse latera diversis proprietatibus prædita, prout ad crystalli latera diversimode convertuntur. Id exinde colligit, quod si planum perpendicularis refractionis secundæ crystalli positum sit ad angulos rectos cum plano perpendicularis refractionis primæ crystalli, radii qui in transitu primæ crystalli refringebantur ratione inusitata, iidem omnes in transitu secundæ refringantur ratione inusitata. Inde autem infert, non esse duos radios inter se natura differentes quorum alii perpetuo & in omni positione refringantur ratione usitata, alii autem semper & in omni positione refringantur ratione inusitata. In hoc enim experimento unus idemque radius refringitur nunc ratione usitata, nunc vero ratione inusitata, prout ejus latera uno vel alio modo ad crystalii latera sunt conversa. Sed hæ meræ sunt conjecturæ, diversam radiorum refrangibilitatem demonstrasse satis sit; quia vero secunda quæstionis pars de iride, ex prima omnino pendet, nihil est quod adversus partem alteram amplius objiciatur.

Nec tamen ab instituto nostro alienum erit, si, hic data occasione, interpretemur versiculum 13. cap. 9. Geneseos ubi Deus arcum cœlestem in nubibus tanquam fœderis signum se ponere significat: *arcum meum ponam in nubibus, & erit signum fœderis inter me & inter terram*: variæ afferri solent horum verborum in-

interpretationes: alii existimant arcum cœlestem diluvio antiquiorem non esse & vim refringentem aquæ, digito Dei fuisse suspensam; putant alii ante diluvium nihil pluisse; ex præcedentibus demonstrationibus colligere etiam possent Interpretes in certis dumtaxat circumstantiis pluviam cecidisse: ut enim conspicuus sit arcus cælestis, necessariæ sunt certæ conditiones. At probabilius sentiunt qui immensum divinæ omnipotentiæ spatium curiosius scrutari non præsumentes, Sacræ Scripturæ verba ita explicant ut arcus cœlestis pluviæ signum naturale, fœderis signum supernaturale & divinæ bonitatis testimonium a Deo fuerit institutus; ita Gen. cap. 31. lapides qui nullum speciale signum repræsentant, fœderis testimonium fiunt inter Jacob & Laban: *tulit itaque Jacob lapidem, & erexit illum in titulum.*

APPENDIX

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

TElescopiorum utilitatem nemo ignorat, cum objecta longius remota distincte nobis exhibeant, iisque proinde tota innitatur Astronomia. *Telescopium astronomicum* est hujusmodi. Constat ex lente PQ oculo proxima quæ ideo *ocularis* appellatur (Fig. 22.); hæc autem vel utrinque convexa est vel ex una tantum parte. Ita vero posita est lens illa ut illius focus, o, cum foco vitri MN concurrat; illud autem vitrum vocatur *objectivum;* Sed focus ille communis inter utrumque vitrum occurrit. Ex hac constructione evidens fit, radios ex puncto aliquo O, objecti remotissimi

tiſſimi OB, emanantes per vitrum objectivum refractos, ſeſe interſecando convenire in foco ibique imaginem o puncti O, exarare. Porro radii ex puncto remotiſſimo exeuntes ut AD, tanquam paralleli conſiderantur, & præterea punctum O, locatum fingitur in recta per vitrorum centra tranſeunte quæ ideo teleſcopii *axis* appellatur. His poſitis, jam imago puncti O, conſiderari poteſt tamquam objectum in foco ocularis PQ, collocatum, ac proinde radii qui objectum illud repræſentant in lentem ocularem incidentes, paralleli deinde debent emergere, atque eo denſiores ſunt radii illi quo minor eſt foci diſtantia in vitro oculari quam in objectivo. Quare radii illi eo vividiorem in oculo pingere debent imaginem quo major erit vitri objectivi ſuperficies, pro majori ſcilicet radiorum admiſſorum copia. Manifeſtum etiam eſt in qualibet a vitro oculari diſtantia, dummodo tamen oculus in radiorum parallelorum ex oculari emergentium directione ſit conſtitutus, eadem perſpicuitate ſeſe conſpicuam præbere objecti imaginem, quam radiorum faſciculus formavit in objectivi & ocularis foco communi. Præterea radii paralleli ex objecti OB, extremitate B, emanantes, ejuſdem puncti imaginem formare debent in b, prope focum o, deinde per lentem ocularem refracti exire debent paralleli, ſed eo magis ad axem AF inclinati quo major eſt ocularis curvatura, ita ut radiorum illorum faſciculus communi vitrorum axi in foco ocularis F, occurrat. Quare ut totam objecti imaginem, *ob*, oculus videre poſſit, ipſum locari neceſſum eſt in puncto F, in communi nempe interſectione faſciculorum omnium quos formant radii ex ſingulis imaginis *ob*, vel objecti OB, punctis emanantes. Ex

his

his patet objecti OB, imaginem in situ inverso apparere; cum illius imago *ob*, trans lentem ocularem visa positionem habeat ipsius objecti positioni oppositam, nempe extremitas b, videtur per radios in parte superiori ab axe recedentes; punctum autem B, per radios ab axe aberrantes in parte inferiori. Itaque telescopii *campus*, ut vocant, sive spatium totum quod oculus debito loco positus videre potest, maxime pendet ex magnitudine spatii totius versus ob; cum oculus in puncto F, constitutus videre possit singula puncta quorum imago est in foco vel prope focum lentis ocularis. Præterea si objectum magis ac magis ad objectivum accedat, magis ab eo recedit imago, ac proinde augeri debet distantia lentis ocularis ut nempe imago semper in foco maneat. Igitur pro majori vel minori objectorum distantia, ipsam quoque vitrorum distantiam mutari oportet. Simili ratione si myopum vitio laboret qui telescopio utitur, minuere debet objectivi & ocularis distantiam; nempe ocularis versus imaginem, ob, promoveri debet, ut, eadem imagine inter ocularem illiusque focum constituta, radii in hoc vitrum incidentes exeant divergentes.

In telescopio astronomico, objecta situ inverso apparent; verum additis duabus aliis lentibus quæ etiam *oculares* dicuntur, imagini situs rectus restituitur & telescopium rebus terrestribus contemplandis accommodatur. Lentes quatuor communem habent axem illarumque foci hinc & inde *respective* concurrunt. Jam radii ex puncto valde remoto quod in telescopii axe locatum fingitur, emanantes, per vitrum objectivum refracti sese intersecant, & in foco, ut jam diximus, puncti ima-

imaginem delineant, hinc in alteram lentem ocularem incidentes exeunt paralleli, deinde in alteram ocularem incidunt & ex ea emergunt ad focum convergentes ibique alteram efformant puncti imaginem; tandem in ultimam ocularem incidentes exeunt deinde paralleli ac proinde in oculo vividam repræsentant objecti imaginem. Quod autem diximus de objecti puncto aliquo idem intelligi potest de puncto quolibet alio. Porro ex radiorum directione patet objecti imaginem rectam esse, seu eandem ac ipsum objectum positionem habere. Hæc omnia manifesta sunt ex demonstratis art. 3.

Eadem omnino ratione explicatur microscopiorum vis. Sit MN, lens utrinque convexa (Fig. 23.) & eo situ positum sit objectum OB, ut lentis focus coincidat cum puncto O, radii ex hoc puncto emanantes & per lentem refracti deinde emergunt paralleli, ac proinde puncti O, imaginem vividam exhibent. Punctum B, ejusdem objecti ita est axi proximum ut in foco locatum fingi possit, ac proinde emittit quoque radios physice parallelos, sed ad ipsum axem eo magis inclinatos quo minor est foci distantia. Quare si oculus sit in puncto o, axis per quem transit radius *principalis* BC, objectum OB, distincte videbitur sub angulo BoO. Jam ponamus objecta clare non distingui, nisi ab oculo distent intervallo 7 vel 8 pollicum; & $c\omega$ hanc distantiam repræsentet, vis imaginandi fingere sibi non poterit objectum oculo ita proximum esse quale trans lentem apparet; sed objectum illud in ω positum judicabitur, atque ita augebitur illius magnitudo in ratione $o\omega$ ad oO. Quare magnitudo apparens objectorum quæ trans lentem observantur, pendet quoque ex

ipsa

ipsa oculi conformatione. Parantur etiam microscopia ex minimis vitreis globulis; etenim in formula jam demonstrata

$$x = \frac{6drR + 4eR - 2deR}{3dR - 6rR - de + 3dr + 2er},$$

fiat $e = 2r$, $r = R$ & $d = \infty$, habebitur $x = \frac{1}{2} r$, ac proinde si objectum in axe sphæræ collocatum fuerit ita ut quarta distet diametri parte, jam radii lucis per sphæram refracti emergent paralleli; quare objectum illud distincte videbitur, atque eo majus quo proximius erit oculo, ac proinde quo minor erit sphæræ diameter. Alia etiam sunt microscopia ex duabus lentibus convexis composita, quarum lens objectiva MN (Fig. 24.) proximiorem habet focum; paululum ultra lentem illam constituitur objectum OB, ut illius imago *ob*, magis distet, ideoque & magis augeatur, deinde unius ocularis focus in loco hujus imaginis collocatur ut distincte videatur. Ex hac constructione patet distantiam imaginis a lente objectiva multum variare, mutata etiam tantisper objecti OB, distantia. Præterea eo majus apparet objectum quo magis distat illius imago *ob*, ab objectivo MN. Tandem magnitudo apparens objecti mutatur pro majori illius ab objectivo distantia, cum imago, *ob*, ad objectivum accedat simulque decrescat.

Ex principiis antea demonstratis æstimari potest objectorum amplificatio, telescopiorum & microscopiorum ope. Extremitas B objecti (Fig. 22.) videtur per radiorum parallelorum, Fc, fasciculum, atque extremitas O, per fasciculum oK, ac proinde telescopii ope objectum videtur sub angulo cFK, quem comprehendunt radiorum fasciculi; quia vero ima-

go

go *ob*, eſt in foco lentis ocularis PQ, radii ex puncto b, emanantes & in ocularem incidentes, emergere debent radio principali bK, paralleli; quare angulus cFK = bKo. Quia autem radius BD, ſine ulla refractione tranſit per vitrum MN, oculus in D, conſtitutus & nullo teleſcopio adjutus objectum conſpiceret ſub angulo ODB, vel æquali bDo, ideoque angulus ſub quo videtur objectum teleſcopii ope eſt ad angulum ſub quo videtur oculo inermi, ut angulus bKo ad angulum bDo. Sed in triangulis rectangulis bKo, bDo, ſumpto *bo*, pro radio, erit oK, cotangens anguli bKo, & oD cotangens anguli bDo. Quare cotangentes illæ ſunt ut oK, oD; ac proinde tangentes angulorum bKo, bDo ſunt ut oD ad oK. Quare cum apparentes objectorum magnitudines maxime pendeant ex angulis ſub quibus eorum ſemidiametri videntur, erit diameter objecti teleſcopio viſi ad diametrum ejuſdem objecti viſi oculo nudo, ut diſtantia foci in lente objectiva ad foci diſtantiam in lente oculari. Hinc patet ad objectorum amplificationem id maxime conferre, ut lentis objectivæ focus majori donatus ſit diſtantia; contra autem minori focus lentis ocularis. Præterea, ſi eadem ſervata in teleſcopio lentis objectivæ apertura, diverſæ lentes oculares per vices adhibeantur, eo obſcurius apparet idem objectum quo brevior eſt lentis ocularis focus. Etenim faſciculi radiorum parallelorum qui in oculo ſeſe interſecant, conum veluti quemdam efformant cujus baſis eſt in lente oculari, vertex autem in oculo. Porro angulus ad verticem eo major eſt quo brevior eſt lentis ocularis focus, ac proinde radii lucis magis minuſve diſperſi oculum ſubeunt, ideoque objecti imago licet

major,

major, minus tamen vivida est. Quia vero eadem manente lentis objectivæ apertura, ideoque & eadem lucis copia, obscuritas eo major est quo minor fit lucis densitas, evidens est obscuritatem imaginis eo maiorem esse quo major est imaginis area, ac proinde obscuritas est in ratione duplicata diametrorum apparentium. Sed (ex dem.) diameter objecti telescopio visi est ad diametrum ejusdem objecti visi oculo inermi ut distantia foci in lente objectiva ad foci distantiam in lente oculari; ergo eadem manente lente objectiva, obscuritas imaginum est in ratione duplicata inversa distantiæ foci in lente oculari. Manifestum autem est hanc demonstrationem valere etiam in microscopiis compositis.

In præcedentibus demonstrationibus, superficiei refringentis vel reflectentis focum tanquam unicum punctum consideravimus; ponitur enim superficiei partem quæ est inter axem sphæricitatis per objectum transeuntem & inter punctum quodlibet incidentiæ, donatam esse curvatura physice nulla. In hac hypothesi, singuli radii ex eodem objecti puncto emanantes post reflexionem vel refractionem in unico puncto sese intersecant. At hypothesis illa non potest esse accurata geometrice: nullum enim est punctum unicum in quo radiorum singulorum intersectio fiat: quare focus seu vera objecti imago ille est locus in quo plurium radiorum fit intersectio; Sed eo plura sunt aliarum intersectionum puncta quo major est in superficie reflectente vel refringente graduum numerus. Jam vero quia quodlibet intersectionum punctum est locus imaginis, quæ eo magis vivida est quo major est radiorum sese intersecantium numerus, hinc patet diversis imaginibus illis ma-

xime turbari veræ imaginis repræſentationem. Huic autem teleſcopiorum imperfectioni remedium afferri ſolet, ſi lentis objectivæ ſuperficiei quæ verſus objectum convertitur, minor apertura concedatur. Præterea foco adhiberi ſolet ſuperficies nigra, plana & opaca, foramine rotundo pertuſa, quæ *diaphragma* appellatur; hujus enim diaphragmatis margines radios ſuperfluos abſorbent. Tandem ſuperficies interna tubi nigro colore tingitur, ita ut radii longius ab axe recedentes cohibeantur; alioquin radii illi nimia obliquitate incidentes in ipſo tubo reflexi, ipſam imaginem vel lentem ocularem trajicere poſſent, viſionemque confuſam efficere. Doctiſſimi quidem Geometræ ſuperficiei refringentis & reflectentis talem determinarunt curvaturam ita ut radii ſinguli ex eodem objecti puncto emanantes in unum concurrerent punctum; At præter difficilem talium curvarum conſtructionem, huic teleſcopiorum perfectioni obſtat quoque diverſa radiorum refrangibilitas; nam ex demonſtratis de diverſa radiorum refrangibilitate evidens eſt puncti alicujus imaginem ex diverſis punctis coloratis eſſe compoſitam pro diverſo refrangibilitatis gradu. Sed dum hæc ſcribo, a doctiſſimo amiciſſimoque viro D. Clairaut litteris ad me datis accipio, in Anglia a peritiſſimo viro D. Dollond compoſitum fuiſſe objectivum ex duabus lentibus quarum materia diverſam habet vim refractivam ita ut ſeſe mutuo corrigant aberrationes ex diverſa radiorum refrangibilitate oriundæ. Quia vero in hac correctione ſupereſt aliud vitium ex lentium ſphæricitate oriundum & quidem non exiguum; adhibentur enim ſphæræ minoris diametri pro eadem apertura, hanc aliam imperfectionis partem emendavit vir non ſatis

tis

tis laudandus D. Clairaut, atque subtilissimo calculo sphærarum illarum dimensiones ita combinavit, ut illæ duæ aberrationes sese mutuo compensarent simulque evanescerent. Sed hæc historice dicta sint, ut doctrinæ utilitatem intelligatis. Alias telescopiorum species omittimus, duas tantum quæ frequentius atque utilius usurpantur, vobis explicasse satis sit. Cæterum ex demonstratis patet cur telescopium duobus tantum vitris instructum adhibere soleant Astronomi. Etenim telescopium illud brevius est ac proinde commodius. Præterea minor est luminis jactura, cum radii duo tantum vitra trajiciant. Tandem telescopium astronomicum majorem campum admittit & brevioris foci lentem ocularem patitur, eamque ob causam objecta magis amplificat.

CAPUT II.

De igne.

DE *ignis* natura præcipuisque characteribus obscurissima quæstio est; nec mirum quod in tanta rerum difficultate vix aliquid definire audeant accuratiores Physici. Nos autem illorum diligentiam imitati, varia referemus ignis phænomena & pauca quæ ex his certo colligi possunt, attingemus; de calore deinde & frigore aliqua explicabimus.

ARTICULUS I.

De ignis proprietatibus præcipuis.

I. QUatuor præcipuos *ignis* characteres recensent Physici, lucem scilicet, rarefactionem, calorem, intestinumque

motum. Ignem ex ipsa lucis præsentia demonstrari ajunt, etiamsi absit calor omnis, qui sensus nostros afficere possit; quod ut ostendant utuntur exemplo Lunæ cujus radii in speculi ustorii foco collecti, plurimum lucis, nihil autem caloris præbent. Verum lucem hanc ignem esse non ita certum est ut in dubium vocari non possit; neque enim demonstratum est materiam hanc quæ lucem producit, eam ipsam esse qua calor excitatur. Re quidem ipsa lux lunaris emanat a Sole cujus lumen cum calore conjunctum est; Verum id probandum superest, Solis lucem & calorem ex eodem principio eademque materia originem habere. Præterea ponamus inter Lunæ Solisque lumen hoc unum esse discrimen, quod nempe lux lunaris debiliori motu producta, ad calorem excitandum satis non sit; id saltem reponi posset lucem lunarem verum & proprie dictum ignem non esse, cum eo careat motu qui ad ignis naturam necessarius omnino est.

Quod rarefactionem spectat, corpora omnia, paucissimis exceptis, in omnem dimensionem ad certos usque limites vi ignis expanduntur. Neque refert dura, mollia, an fluida sint, levia an magis ponderosa. Id autem extra omnem dubitationem positum est, corpora fluida majorem rarefactionem pati ab igne quam dura; dilatantur tamen corpora durissima, imo vehementiori igne solvuntur & liquefiunt; At cessante ignis actione contrahuntur. Ex hac ignis proprietate fit ut tempore æstivo dilatationem, hyberno autem tempore contractionem patiantur corpora. Sunt tamen corpora nonnulla quæ igne rigescunt & indurantur, qualia sunt ligna, ossa, lutum, creta, aliaque ejusmodi.

Ignem

Ignem definiebant Peripatetici : *elementum calidum ſiccum :* qua quidem definitione nihil edocemur de ignis natura; maxima enim ſupereſt difficultas in explicanda caloris cauſa. Præterea licet calor & ignis arctiſſimo inter ſe vinculo cohærere ſoleant, nullum tamen ſatis tutum de igne ferri poteſt judicium ex calore quem perſentimus. Etenim calor eſt qualitas *relativa* quæ ex incerto & mutabili ſenſuum teſtimonio æſtimatur; Si manus noſtræ gelu rigeſcant, quod tepet, fervere videtur; Si vero nimis incaleſcant, quod tepet experimur frigidiſſimum. Notum eſt in ſpecubus & cryptis ſubterraneis eandem fere temperiem omnibus anni tempeſtatibus ſervari, thermometro judice. Sed compertum quoque eſt hujuſmodi ſpecus valde frigidos a nobis perſentiri tempore æſtatis, valde autem calidos tempore hyemis. Hæc omnia aliaque multa quæ brevitatis ſtudio prætermittimus, manifeſte oſtendunt nihil certi de ignis præſentia pronuntiari poſſe ex ipſo caloris ſenſu quem experiuntur homines.

Alii Phyſici exiſtimant ignem ex corpuſculis tenuiſſimis, rotundis, maxime mobilibus componi, quæ cum maxima ac fere infinita celeritate moveantur & in ſingulas partes velociſſime abripiantur; non ſolum obvia corpora pervadere, agitare & comminuere poſſunt, ſed etiam in nervorum fibrillis quas celeri vibratione percellunt, lucis & caloris ſenſum imprimere valeant. Ab ejuſmodi ſententia quam ex Epicuro inſtauravit Gaſſendus non multum differre videtur hypotheſis Carteſii qui primum elementum, tenuiſſimum nempe pulverem, rapido perennique motu agitari arbitratur; ubi vero corporum omnium poros pervadens craſſiores tertii elementi par-

ticulas reperit, celerrime illas agitat, contorquet, impellit, quo motu particulis etiam secundi elementi quæ rotundæ ac mobiliores sunt, communicato, istæ splendorem & calorem in corporibus nostrisque sensibus excitant. Non omnes tamen tertii elementi particulas igni excitando vel generando aptas existimant recentiores Cartesiani, sed illas solum quæ *nitrosæ*, *sulphureæ* & *oleaginosæ* sunt. Compertum est enim non ex omnibus tertii elementi particulis etiam celerrime agitatis, splendorem aut calorem aut ignem excitari posse; sed aliqua determinata substantia requiritur quæ *combustibilis* & *inflammabilis* dici solet.

II. Inter tantas opinantium & diffidentium Philosophorum ambages, nihil est quod severioribus Physicis satisfacere possit; Hinc factum est ut Accademia Parisiensis an. 1738. investigandam proposuerit ignis naturam, statuto, de more, præmio, quod, pro parte sua, reportavit doctissimus Eulerus. Cartesianam hypothesim amplificavit vir clariss. & magno rationum pondere roboravit. Inter varia ignis phænomena illud potissimum seligit explicandum, quo nempe fit ut ignis propagetur, seu aliis corporibus communicetur eaque incendat. Cum autem præcipuus phænomeni nodus in hoc versetur, quod ignis maximam producat motus quantitatem sine ulla proprii motus jactura, is inveniendus est alicujus materiæ status in quo vis minima ingentem virium motusque quantitatem generare valeat. Hunc autem perniciosissimum ignis effectum in pulvere pyrio primum considerabimus; eadem enim vis exigua quæ unicum pulvisculum valet incendere, ad explodendam quoque ingentem pulveris copiam po-

potentissima est. Inter Physicos satis jam constat in pulvere pyrio latere aerem aliudve fluidum elasticum vehementer compressum, quod, ruptis comprimentibus particulis permissoque exitu, ingenti vi sese expandat. Hinc manifestum est vim illam qua ignis expanditur ac multiplicatur, a propria vi pulveris pyrii distinguendam esse & prorsus separandam. Etenim in pulveris pyrii explosione, ignis hoc unum præstare videtur, aeris nempe vel fluidi compressi repagula seu claustra recludit. Porro primariis naturæ legibus repugnat omnino ut vis minima ingentem effectum producat; ubi autem tales effectus observantur, vires producentes in ipsa materia latere necessum est. Hæc autem vis nulla alia, præter vim elasticam, obtineri potest, nisi ad qualitates occultas ex Physica funditus exterminandas confugere velimus. Quæ cum ita sint, jam concipere licet materiam aliquam subtilissimam & eximie elasticam ad ignis effectus producendos aptissimam quæ materia *ignea* vocabitur. Quamobrem materiam *combustibilem* eam appellabimus quæ multas materiæ igneæ particulas continet, ac proinde & eo magis *combustibilis* erit materia aliqua quo plures sub eodem volumine continebit hujusmodi particulas. At præter particulas illas consideranda etiam est ipsa corporis materia quæ viribus effringentibus magis vel minus resistat, ita ut ab hac conditione plurimum etiam pendeat *combustibilitatis* differentia. Itaque ignis excitabitur, si vel unica particula compressam detinens igneam materiam, effringatur; Subito enim plures particulas simul recludi oportebit, erumpetque magno impetu materia ignea atque tandiu explodetur, donec nullæ supersint quæ disrumpi

valeant particulæ. Hæc igitur materiæ subtilis & elasticæ explosio est id quod *ignis* vocatur. Inter vires quæ ignem excitare valent, referendæ sunt illæ omnes quæ particulas ignea materia refertas frangere valent, inter quas primum locum tenet ipse ignis; atque hinc intelligitur vis qua ignis sese extendit & longe lateque propagat. Ex hac doctrina concludit vir summus Eulerus ea tantum corpora ad ignem concipiendum apta esse quæ particulas igneas explosioni obnoxias continent. At si corpora igneam contineant materiam quæ magna satis copia explodi non possit, jam particulæ illæ in reliquas partes circumjectas vim aliquam exerere quidem poterunt; atque hinc orietur calor duntaxat qui proinde est minimarum particularum motus sine explosione; cum in igne motus sit cum explosione conjunctus.

Hinc reddi potest ratio cur ignis, injecta non combustibili materia, aliquando extinguatur. Talis enim materia igneas ardentis corporis particulas obducit, seseque iis immiscet; quo fit ut vis explosionis in hanc materiam exerceatur in eaque tota consumatur, atque ideo reliquæ igneæ particulæ vim explosionis minus sentiant. Quare circa materiam igni injectam id notandum est, an cum materia ardente misceri eique adhærere queat. Si enim materia adjecta corpus ardens ingredi eique intrudi non possit, ignem extinguere non valet. Ita videmus, aspersa aqua, oleum accensum non extingui, nisi omnino aqua opprimatur, cujus rei ratio est, quod oleum nullam cum aqua mixtionem patiatur. Præterea si materia non combustibilis, cæteris paribus, fuerit densior, eo promptius ignem suffocabit; in hac enim densiori materia vis
explo-

explosionis celerius consumitur. Hanc ob rem, aer licet combustionis incapax, tamen propter raritatem ad ignem extinguendum aptus non est, nisi magno impetu in ignem irruat; tunc enim corporis crassioris vices sustinet. Imo aer sæpius ad ignem conservandum est necessarius, ut demonstrat candela accensa quæ in vacuo Boyliano extinguitur; etenim ignis *nutrimentum* sunt particulæ ex sebo vel cera, quæ ab aere retinentur & dempto aere avolant calore solutæ, ideoque deficiente *pabulo* ignem deficere necessum est. Porro aer ad conservandum ignem necessarius, nec densior nec rarior esse debet. Ita carbo accensus compresso & densiori igne obruitur. Contraria ratione, carbo extinguitur, si vehementiori soli objiciatur. Eandem ob causam atque etiam ob imminutam aeris elasticitatem, flamma in camino præfocatur, si camini spiraculum pilea vel panno aqua imbutis obstruatur, quo quidem remedio in caminorum incendiis uti solent.

Quod *flammam* attinet, eam nihil aliud esse statuit Eulerus, nisi ipsam materiam subtilem & elasticam, cujus explosione ignis gignitur. Quia vero flamma determinatam habet figuram & circa ipsum ignem occupat datum spatium, necesse est ut aliud fluidum elasticum ubique expansum, sua elasticitate indefinitam materiæ subtilis igneæ expansionem cohibeat, eandemque materiam in determinato spatio contineat. Hoc autem aliud fluidum elasticum *ætherem* esse ponit Eulerus. Itaque explosione materiæ igneæ æther repellitur, ipsaque hæc materia tantum in æthere occupabit spatium, quantum necesse est ut vis elastica ætheris cum vi materiæ igneæ consistat in æquilibrio. Spatium igitur in æthere

a materia subtili ignea occupatum erit ipsa flamma. Constituta flammæ natura, jam radiorum emissio explicatur; factæ scilicet in æthere succussiones atque vibrationes in causa sunt, cur flammæ radii propagentur eodem modo quo in aere radii sonori producuntur. Neque difficilius intelligi posset flammæ propagatio per ipsam radiorum emissionem. Hæc ingeniose quidem constituit Eulerus quorum magna pars hypotheseos limites non excedit; id unum certo affirmari & experimentis confirmari posse videtur, ignem coalescere ex minutissimis particulis in spatio non magno collectis, summa mobilitate donatis; sed de illarum particularum natura nihil definiri potest. Nec caret verisimilitudine diversas esse ignis species diversamque naturam; quidam enim ignes lucent tantum, alii autem lucent & urunt vehementissime. Nonnulli Physici ignem in certo quodam motu, non quidem facile definiendo, positum esse opinantur, ita ut, hoc motu in qualibet materiæ specie excitato, ignis produci valeat. In hanc hypothesim propendisse videtur Nevvtonus; cæterum quemlibet motum ad ignem caloremque excitandum satis non esse certissimum videtur; cum fermentationes plurimæ vehementissimum frigus producere observentur. Sed meris conjecturis diutius immorari nolumus.

III. Ex præcedentibus patet multas igni competere fluidorum proprietates, quales sunt partium mobilitas atque tenuitas, sed alias nonnullas fluidorum qualitates in igne hactenus observare non licuit, quales sunt præsertim duæ proprietates illæ, quibus fluida suam pressionem quaquaversum æqualiter exercent, & ad libellam sese componunt. Quare ignem e fluidorum numero rejicere vel inter fluida

recen-

recensere quæstio est nullius momenti. Quanquam certissimum sit ignem esse materiam, tantillum tamen est purioris ignis pondus ut nullo experimento sentiri possit. Quod enim se observasse ajunt plerique Physici, corpora vehementer calefacta pondere crevisse, crassioribus observationibus innititur, ut antea annotavimus. Itaque latius erit aliqua ignis phænomena proponere. Si duo quævis corpora dura sibi invicem imposita atterantur per aliquod tempus, calorem ingentem excitabunt, & interdum quoque ignem, præsertim si corpora fuerint durissima. Sic mutuus calybis & silicis attritus ignem excutit. In oriente frequentissimum est lignum durissimum ex quo ignis per attritum facile extunditur. Sic culter calybeus forti manu pressus ad cotem rotatilem incalescit, rotaque celerius circumacta ignis scintillæ emicant. Huic causæ tribuendum est quod ingentes etiam sylvæ magna ventorum vi agitatæ, aliquando igne consumantur & in apertum erumpant incendium. Generatur etiam ignis per *vegetabilia* semiexsiccata in magnos acervos extructa, quod tristissimo fæni putrescentis exemplo sæpe innotuit. In iis enim acervis partes inferiores valido superiorum partium pondere premuntur, ex illa pressione attritus oritur, motusque & interdum flamma excitatur. Idem aliquando accidit præaltis pannorum sordidorum molibus, atque huic causæ tribuitur quod paucis abhinc annis Nosocomium Parisiense totum fere exarserit atque conflagraverit. Producitur etiam ignis per liquidorum quorumdam mixtionem; ea enim simul permixta primo effervescunt, tum vero ignem producunt. Si spiritus, ut vocant, *flammificus* & *oleum cinnamomi*, æqua portione misceantur,

flammam producunt clarissimam ita ut magnum etiam conclave splendeat. Imo si libra una liquoris unius cum una alterius libra permisceatur, idque fiat in conclavi ex omni parte clauso, tantus ignis excitabitur ut omnes cubiculi partes disjicere & solo æquare valeat, & quidem facilius quam præstare posset pulvis pyrius. Spiritus autem flammificus paratur ex nitro purissimo siccissimo & ex oleo vitrioli dupla proportione inter se permixtis & igne subactis. Cæterum ignis excitatus ut conservetur, eget nutrimento, quo deficiente extinguitur, ut jam observatum est. Nutrimentum autem multiplex esse potest; ad ignis alimentum conferunt maxime olea quæ ex terra, vegetabilibus animalibus, nonnullisque fluidis extrahi solent. Ubi autem vi ignis ex tota massa avelluntur crassiores particulæ, partes scilicet aqueæ, salinæ, terrestres quæ nullum igni pabulum subministrare possunt, in modum fumi avolant & parietibus adhærescunt. At si fumus vel fuligo oleosis partibus abundaverit, in flammam facile redire potest.

IV. Hæc quæ hactenus diximus fere demonstrant ignem per omnia spatia esse diffusum, nec quidquam aliud requiri, ut ejus præsentia fiat manifesta, nisi ut colligatur & adunetur, id quod per attritum procul dubio obtinetur. Imo persuasum habet Boeravius ignem æqualiter per omnia spatia & per omnes corporum meatus esse dispersum, idque luculentissimis suadet experimentis. Et re quidem ipsa fidem facit thermometrum in eodem aere, *cæteris paribus*, corpora omnia eundem caloris ac proinde & ignis gradum admittere. Illa autem æqualis per omnia corpora ignis distributio oritur ex ipsa ignis proprietate qua ad æqui-

quilibrium tendere experimentis compertum est. Corpora omnia corporumque omnium partes, si igni objiciantur, eundem caloris gradum tandem acquirunt. Si corpori igne candenti admoveatur corpus frigidissimum, caloris pars a primo corpore admittitur quæ ab altero acquiritur, donec inter utramque ignis quantitatem restituatur æquilibrium. Nulli alteri causæ tribuendum videtur cur corpora etiam calidissima tandem frigescant. Quod ergo per diversa corpora ignis ut plurimum inæqualiter dispersus observetur, referendum est in causam aliquam impellentem quæ ignis æquilibrium turbet. De hac singulari & antea ignota ignis proprietate legi debent quæ diligentissime expertus est clariss. Boeravius in Chemia. Cæterum ignem in omnibus corporibus latere demonstratum omnino est; nullum enim est corpus quod calorem ac proinde & ignem non concipiat; vel natura vel arte corporum omnium partes in tenebris lucent, sive, ut vocant, sunt *Phosphoræ*. Tandem ex omnibus corporibus scintillæ per experimenta *electrica* educuntur. De phosphoris legantur experimenta quæ in opusculis hac de re editis summa diligentia describit clariss. Beccarius Chymices Professor Bononiensis; quod autem *factitias* scintillas attinet, argumentum illud nos deinde fuse revocabimus, ubi sermo erit de electricitate.

ARTICULUS II.

De calore & frigore.

I. DE caloris natura & origine pauca, quantum scire hactenus licuit, in articulo præcedenti explicavimus; jam de frigore

re nonnulla adjungemus, & deinde varia caloris & frigoris phænomena confiderabimus. De frigoris natura & origine plurimum inter fe differunt Philofophi, & tot de frigore quot de calore inftituunt hypothefes. Ariftoteles cæterique Peripatetici exiftimant frigus effe *qualitatem aliquam ab entitate fubjecti diftinctam, qua congregantur homogenea fimul & heterogenea:* cum e contrario calor *congreget homogenea, feparet autem heterogenea*. Hæc autem definitio refelli vix debet; & quidem præter quam quod vaga *entitatis* & *qualitatis* vocabula nullam menti exhibeant notionem, certum eft eum non effe conftantem frigoris effectum ut heterogenea congreget. Si vehementiori frigori fubjiciantur vinum, acetum, fpiritus vini, feparantur atque folvuntur liquores illi; pars vini aquea in glaciem concrefcit, fpiritus fuam fluiditatem retinet, & tartarum præcipitatur. Neque conftans eft caloris effectus ut *homogenea congreget*, & *fegreget heterogenea*. Etenim maffam ex auro, argento & ære conflatam nullus calor fegregare poterit; imo fi diverfæ argenti auri & æris portiones in vafe contineantur ignique fubjiciantur, vi caloris in unam congregantur maffam.

Epicureorum hypothefim inftauravit Gaffendus qui ex certa quadam atomorum figura frigoris effentiam repetendam effe arbitratur. Neque defunt recentiores Philofophi qui *frigorificas* atomos vel fpiritus *frigorificos*, ut vocant, veluti frigoris caufam & originem admittant atque his rationibus tueantur. Notiffimæ funt congelationes quæ arte fieri folent. Nix vel glacies fale vel nitro aut vitriolo permixta & vafi circumfufa, aquam in vafe contentam tanta frigoris vi penetrat ut eam

eam igni quoque subjectam in glaciem facilius convertat. Quæ vero tanta frigoris virtus esse poterit? nisi corpuscula quædam ex glacie vel nitro descendant, penetratisque vasis lateribus in aqua recipiantur. Celebre est etiam illud experimentum ab Academicis Florentinis peractum; quemadmodum nempe calor ignis aut Solis in speculo collectus & ad proximum thermometrum reflexus, ejusdem thermometri liquorem rarefacit & altius illum cogit ascendere, ita si loco solis aut flammæ glacies substituatur, thermometri liquor descendit & condensatur. Cum igitur in primo casu corpuscula quædam egrediantur ab igne, quæ spiritum vini thermometro inclusum rarefaciunt, ita quoque corpuscula quædam ex glacie prodire debent quæ a speculo collecta in thermometrum reflectantur ejusque liquorem condensent. Illæ autem particulæ corpuscula *frigorifica* dici solent. Plurimi quoque effectus frigoris sine corpusculorum effluvio vix explicari posse videntur. Certe homines & stirpes *penetrabile frigus adurit*. Pedes, manus, cæteræque corporis humani partes vi frigoris intumescere, aliquando scindi, semper fere pallescere ac livorem inducere videntur, ex quibus effectibus acerrimus oritur dolor. Hæc autem omnia per spiritus quosdam & halitus salinos ac nitrosos fieri conjiciunt, cum ipsæ nitri particulæ carnibus impositæ eosdem fere effectus producant.

Plerique recentiores Physici frigus considerant tanquam corporum proprietatem mere *relativam*, seu tanquam minorem caloris gradum. Ita corpus certo caloris gradu præditum, si cum alio corpore calidiori conferatur, frigidum dici potest & contra. Itaque frigus cum nostro corpore comparatum nihil

aliud

aliud eſt præter ſenſationem quam ex imminuto corporis noſtri calore percipimus. In corpore autem frigido datur calor, ſed minor calore corporis noſtri. Hæc quidem cuilibet hypotheſi ſunt communia; cum enim in opinione qualibet incrementi & decrementi capax ſit calor, manifeſtum eſt frigus tanquam caloris decrementum conſiderari poſſe. Sed inter varias opiniones hoc diſcrimen eſt, utrum ſcilicet frigus ad abſentiam ignis, aut ad materiæ alicujus peculiaris præſentiam referri debeat. Solam ignis diminutionem ſufficere probabiliſſimum judicant nonnulli quibus perſuaſum eſt, ignem eſſe peculiarem quandam materiam cujus motus calorem producit, abſente autem vel imminuta hac materia, frigus ſuccedere opinantur. Sed quidquid ſit de illa hypotheſi, judicio nimis præcipiti negari non debent corpuſcula *frigorifica* quæ ubi corpus penetrant, ignem ſaltem, pro parte, expellunt. Tales particulas aliquando adeſſe demonſtrare videntur allata experimenta aliaque plurima; ſed particulas illas ſemper exiſtere, ubi datur frigus, ſeu caloris diminutio, probari certe non poteſt.

II. Cum ſenſationes noſtræ accuratum præbere non poſſint caloris & frigoris teſtimonium, ad metiendas caloris frigoriſque viciſſitudines tutiſſimum inſtrumentum adhibent Phyſici, quod *thermoſcopium*, ſeu *thermometrum* appellant: fluidum nullum inventum eſt quod vi caloris in amplius volumen expandi, aut vi frigoris in arctius ſpatium compingi queat quam ſpiritus vini, præſertim ſi probe, ut dicunt, *rectificatus* fuerit. Nemo veſtrum oculis non uſurpavit vitreos illos tubos quorum pars ſuperior eſt *hermetice* ſigillata, pars autem inferior in ſphærulam deſinit. Tubus autem ille

ille aliqua ex parte ſpiritum vini continet; ſtatim ac calor augetur, ſpiritus vini rareſit & altius aſcendit per tubum; Si autem minuatur calor, ſpiritus vini condenſatur deſcenditque e tubo verſus globum. Antequam tubi lumen hermetice ſigilletur, aquæ calidæ immergi debet & in ea aliquandiu detineri, donec ſpiritus vini ebullitioni proximus ſit; atque in eo ſtatu notari debet liquoris altitudo. Ut autem acutiſſimum frigus obtineatur, nix vel glacies ſale detrita tubo conſpergitur, ſpiritus vini condenſatus deſcendit, rurſuſque notari debet liquoris altitudo. Quia vero in cellis vinariis habetur calor temperatus, qui veluti medius cenſeri poteſt inter maximum æſtatis calorem & acutiſſimum hyemis frigus, liquoris altitudo in hoc ſtatu notetur illudque punctum velut temperati caloris indicium habeatur. Tandem totum intervallum inter glaciem & aquam calidam in partes æquales, pro arbitrio, dividatur, hoc artificio obtinebuntur diverſi caloris gradus ad temperati caloris gradum referendi. De horum inſtrumentorum uſu obſervandum eſt tantam non habere utilitatem, ut diverſa thermometra varias frigoris caloriſque conſtitutiones in variis regionibus certo demonſtrent. Etenim ad hunc uſum obtinendum neceſſariæ forent conditiones plurimæ quæ vix ſperari poſſunt; neceſſe enim foret eandem eſſe tuborum perfectionem, internamque illorum ſuperficiem æquali diligentia eſſe perpolitam & elaboratam. Præterea accuratiſſime cognitam eſſe oporteret diverſam tuborum diametrum, atque etiam rationem quam habet expanſio mercurii ad illius volumen; tantæ autem ſubtilitates nulla fere diligentia obtineri poſſunt. At ſi eodem thermometro utamur, ſatis accurate diverſis

anni

anni tempestatibus atque etiam in variis regionibus caloris frigorisque temperiem dignoscere licebit. De frigoris calorisque caussis pro regionum varietate aliqua, hic data occasione, possemus subjungere, sed res in Geographia commodius tractabitur. In thermometris loco spiritus vini substitui etiam solet mercurius; At in talium instrumentorum constructione necessaria omnino est summa dexteritas; hinc mirum non est quod tam incerta sit thermometrorum fides.

III. Rerum connexio postulat ut de congelatione & glaciei formatione aliquid dicamus. Argumentum quidem obscurissimum est & difficultatibus plenum; quare probabiliores conjecturas exponere satis erit. Cum frigus nihil aliud sit quam caloris diminutio quæ cum motus diminutione conjuncta semper est, cessante vel saltem imminuta vi illa quæ fluidi calidi particulas agitat illasque a se invicem repellit, jam particulas illas ad se invicem majori vi tendere & in massam coalescere necessum est. Hinc oriri poterunt diversi congelationis gradus ipsaque glacies. Patet autem huic explicationi posse accommodari varias de caloris natura hypotheses; etenim quæcumque sit vis fluidas particulas agitans atque perturbans, patet explicationem illam perinde se habere. Diximus etiam vix negari posse corpuscula quæ *frigorifica* appellare fas est. Illa scilicet corpuscula, vel materiæ igneæ particulas expellunt, ideoque intestinos fluidarum particularum motus debilitant, atque hinc fit cohæsio; vel particulæ illæ per fluidum dispersæ sese attrahunt vi maxima atque mutua attractione fluidum intermedium in duram compingunt massam.

Neutrum nobis compertum esse fatemur; At

At citra corpusculorum effluvium explicari vix possunt plurima frigoris & glaciei phœnomena. Referunt Scriptores in Ukrania Poloniæ Provincia esse acerrimum frigus longeque intensius quam in Normanna Galliæ Provincia, cum tamen in globo terrestri idem sit respectivus locorum situs. Fluvius qui regiam Sinarum Urbem alluit circa mensem Novembris tanta vi frigoris intra diem unum concrescit & induratur, ut quatuor mensium spatio currus & ingentia pondera sustineat, quamvis aquæ & aeris frigus non ita intensum videatur; ille tamen Sinensis fluvius eandem habet respectivam in globo terrestri positionem quam obtinet Tyberis in quo certe tanta non viget frigoris vis. Hinc probabilissimum est ventos quosdam aliis frigidiores esse qui salinos, nitrosos halitus secum deferant, & ipsis referti ac permixti corporum poros pervadant, prædictosque effectus producant. In hac etiam hypothesi intelligitur ratio cur rivuli quidam hyberno tempore liberrime fluant, tempore autem æstivo in durissimam glaciem concrescant; observatum enim est rivulorum illorum littora plurimis nitri salisque particulis abundare, quæ quidem particulæ æstivo calore solvuntur & in rivuli aquas defluunt iisque permiscentur.

IV. Suæ etiam sunt & quidem simillimæ caloris & frigoris causæ in locis subterraneis. Per meatus subterraneos fluunt succi varii qui sibi mutuo occurrentes vel aliis corpusculis permixti incalescunt; in aliis autem locis terra abundat nitrosis salinisque particulis quæ frigus acre inducunt. Nonnullis experimentis rem confirmabimus. Si limaturæ ferri & sulphuris partes æquales bene permisceantur & modica aqua perfundantur ut in massam duriu-

riusculam evadant, in ea primum calor excitabitur, tum flammulæ etiam emicabunt. Notissima est in Anglia cretæ cujusdam albæ species; hujus cretæ frustum, si in aquam frigidam injiciatur, excitata ingenti ebullitione, illam adeo calefacit ut in ea ovum ad duritiem usque coqui possit. Quid ergo vetat in terræ penetralibus latere plurimas id genus particulas? Quæ torpidæ jacent & inertes, terreis particulis implicitæ; at si aqua solvantur & agitentur, statim fermentationis motum acquirunt & in ipsa aqua fervorem inducunt. Id vero non solum non repugnat, sed etiam ita esse indiciis manifestis comprobant aquæ minerales, sulphureæ, chalybeatæ & calidæ. Quod frigoris genesim spectat. Si aquæ libris quatuor una salis ammoniaci libra permisceatur, aqua satis intensum frigus concipit. Id autem fusius confirmabitur in appendice ubi plurima & quidem utilissima referemus congelationum quas vocant *artificiales*, exempla.

Ex his experimentis patet in partibus terræ interioribus temperiem posse variis modis mutari nulla habita solis ratione. Et quidem caloris & frigoris causa in locis subterraneis non sunt radii solares, ut pote qui eo penetrare non possunt; quare mirum non est si vicissitudines caloris & frigoris in superficie telluris, quæ a Sole ortum ducunt, minime conveniant cum iis quæ in specubus & antris deprehenduntur; & re quidem ipsa, adhibito thermometro compertum est in multis locis subterraneis eandem esse tam hyeme quam æstate caloris frigorisque temperiem. Attamen teste etiam thermometro cognitum est in multis locis subterraneis mutari interdum caloris frigorisque gradum, ita ut mutatio ista nullum habeat nexum cum vicissitudinibus quæ in

in telluris superficie contingunt. Itaque harum vicissitudinum causa quærenda est in ipsis terræ visceribus. Et certe credi non potest perpetuum & semper æquabilem esse eorum corporum concursum ex quorum mixtione calor & frigus excitantur. Hanc mutationem demonstrant montes *ignivomi* qui in majora, vel minora erumpunt incendia, & post maximam ignium flammarumque ejectionem aliquando conquiescunt, quare merito canit Ovidius.

Nec quæ sulphureis ardet fornacibus ætna,
Ignea semper erit, neque enim fuit ignea semper.

V. Corpora calore dilatari, frigore contrahi jam sæpius observavimus; verum in congelatione aquæ phœnomenum succedit plane singulare; rarefiunt aquæ partes & in majus volumen expanduntur contra quam faciunt alia fluida. Universam congelationis seriem hoc ordine prosecuti sunt Academici Florentini. Tubum vitreum aqua plenum sumpserunt cujus pars superior aperta foret, inferior vero in excavatam sphæram desineret, ut in thermometris fieri solet. Tum sphærulam vitream, hoc est, inferiorem tubi partem in vas subjectum immergebant, quod nivem aut glaciem salibus permixtam continebat. Ubi primum sphærula glaciei immersa fuit, aqua in tubulo existens aliquantulum ascendit, deinde vero motu fere æquabili ad certum quemdam gradum descendit, tuncque immota & veluti *stationaria* permanere videbatur. Tandem motu quodam tardissimo, æquabili tamen, iterum ascendebat, donec maxima tandem prosiliret celeritate, qua brevi cessante, in glaciem aqua convertebatur. Rem paulo aliter tentavit & accuratissime demonstravit

D.

D. Mariotte. Cum enim ſcyphum fere aqua plenum aeri frigidiſſimo expoſuiſſet, primo veluti oblonga quædam filamenta ex glacie compoſita emergebant; atque ubi maxima pars aquæ in glaciem concreverat; exigua pars illius quæ adhuc fluida manebat, in medium fere ſcyphi locum ſeſe recepit; ſed cum plurimæ tenuiſſimæ bullulæ ex illa erumperent, aqua ipſa per exiguum foramen in ſumma parte conſpicuum ſenſim exiit, quæ ſimiliter in glaciem converſa veluti in cumulum aſſurgebat. Occluſo foramine, glacies ipſa ultro fracta eſt & diviſa fere in medio ſcyphi. De glaciei formatione totoque congelationis progreſſu nihil religioſius obſervari poteſt quam quod tradidit Clariſs. D. De Mairau in eximio opuſculo de hac re edito.

Ex præcedentibus id colligitur aquæ partes, dum in glaciem convertuntur, non condenſari ſed maxime rarefieri. Hoc idem innumeris comprobatum eſt experimentis; vi glaciei duriſſima quoque vaſa franguntur. Tubum ferreum cujus craſſities erat digiti unius aqua impleverat Hughenius, & hunc tubum probe clauſum intenſiſſimo frigori objecit, poſt duodecim horas rupta diſſiluere tubi latera. Huic expanſioni tribuendum eſt quod ſæviente gelu, viarum publicarum pavimenta evellantur, quod ſaxa arboreſque diſſolvantur, nova plantarum germina, & fructus tenelli corrumpantur, quod aquarum canales confringantur; atque ut alia omittam hujus rarefactionis argumenta, glacies aquæ innatare obſervatur, quod certe fieri non poſſet, niſi glacies aqua levior, & rarior etiam exiſteret. Hi quidem effectus obvii ſunt & frequentiſſimi, at effectuum cauſa difficilis omnino eſt. Singularis hujus dilatationis rationem aliqui ducunt ex

vi

vi elaſtica aeris ; cum enim in ipſo congelationis actu erumpant magna copia aeris bullulæ, aquæ particulas in amplius volumen expandi ajunt. Satis quidem ad rem accommodata videretur explicatio, niſi in aqua, omni aere, quantum fieri poteſt, purgata, expanſio æque ſuccederet. Alii expanſionem repetunt ex particulis *frigorificis* quæ in aquam introductæ illius volumen dilatant. Alii tandem id totum fieri opinantur ob mutatam particularum aquearum reſpectivam poſitionem. Calor, ſcilicet, aquæ particulas ſegregat illaſque in fluiditatis ſtatu continet: At calore imminuto & ſuccedente frigore, jam alius fit partium ſitus, aquæ moleculæ ad alios contactus tendunt; neque repugnat particulas illas ita ſe mutuo attrahere in ſtatu congelationis ut in amplius volumen expandantur. Cum autem expanſio illa ex minimarum particularum textura pendeat, hac ratione intelligi poterit cur talis expanſio aliis fluidis non accidat. Verum ſatius eſt ea quæ a frigore metuenda ſunt, cavere, quæ autem nobis utilia eſſe poſſunt inveſtigare, vanaſque & inutiles hypotheſes relinquere.

APPENDIX

De quibuſdam capitis præcedentis utilitatibus.

DE congelationis cauſa, & origine jam aliqua explicavimus in capite præcedenti; verum quidquid ſit de variis Phyſicorum hypotheſibus, certiſſimum eſt ſalium vi congelationem, & glaciem creari poſſe. Aquam ſale refrigerari patet hoc experimento. Aqua frigida poculo immittatur, eique thermometrum

trum immergatur. Statim ac certo constat thermometro eum accessisse frigoris gradum qui aquæ inest, sal in aquam injiciatur. Rebus ita comparatis, antequam sal in aqua probe solutum appareat, spiritus vini jam in thermometro descendere observatur. Ubi autem rursus compertum est thermometro eum frigoris gradum acquisitum esse qui aquæ sale imbutæ convenit, immoto, scilicet, manente spiritu vini, thermometrum extrahatur & in aquam dulcem poculo contentam inferatur, quæ quidem cum aqua prius adhibita eumdem habeat caloris gradum; Spiritus vini ad eam rursus conscendit altitudinem ad quam prius in aqua dulci attollebatur, antequam scilicet aquam salsam attingeret. Porro non omnes sales eidem frigori producendo pares sunt; si in prædicto experimento tria salium genera adhibeantur, scilicet *sal commune* seu *culinare*, *sal ammoniacum* & *sal petræ*; inter tres hos sales, primus minimum, postremus maximum effectum producit; pro aquæ varietate aliquod etiam circa frigoris gradum discrimen observatur. Nitri ope frigus producitur intensum quod manu vitrum tenente facile sentitur; interdum etiam exterior vitri superficies tenui velut nebula obducitur. Idcirco ut vinum aliæque potiones refringerentur tempore æstivo, hæ immitti solent aquæ in qua nitrum solutum sit.

Vulgatissimum omnibusque notissimum jam memoravimus artificium quo glacies, nivis aut glaciei & nitri mixtione parari solet. At sine glaciei auxilio, solis salis ope glacies obtineri potest, quod quidem commodissimum est, si parata ad manus non sit glacies. Adhibeatur aqua frigidissima, & congelationi proxima; frigoris gradus maxime augebitur,

so-

soluta salis ammoniaci parte tertia. Huic mixturæ immittatur vas aquam aliam frigidissimam continens; hæc aqua majorem acquiret frigoris gradum. In ipsa eadem aqua iterum solvatur sal ammoniacus, atque repetita operatione obtinebitur tandem aqua sale permixta, quam glacie ipsa multo frigidiorem esse thermometro constabit. Quare si tali aquæ immittatur ampulla aquam continens, hæc ultima aqua in glaciem concrescet ipsumque glaciei frigus acquiret. Suspicatur vir clariss. De Mairan sine glacie & sale glaciem produci posse; quæ quidem conjectura non caret verisimilitudine. Et quidem certissimum est aquam intensissimum frigoris gradum concipere, si in vase ex porosa terra conflato, aeri currenti objiciatur; idem est experimenti successus, si aqua infundantur ampullæ, circumposito linteo aqua imbuto, & aeris perflantis directioni exponatur. Frequentissimum est hoc refrigerandæ aquæ artificium in Ægypto, apud Sinas, aliosque populos plurimos.

Frigoris gradum ad glaciei *naturalis* formationem necessarium indicat altitudo ad quam spiritus vini subsistit in thermometro; ubi nempe thermometri globulus immergitur glaciei, aut nivi quæ jam solutioni proxima sit; nec congelatio apparet antequam thermometri liquor hunc gradum attigerit. Non tamen glacies statim solvi deprehenditur, ubi spiritus vini in thermometro ascendit; certissimisque experimentis compertum est lentiorem esse glaciei solutionem quam sit ipsa formatio. Porro, utilitatis causa, observare non abs re erit ad tuendam hominum valetudinem necessarium omnino esse lentum frigoris calorisque progressum; hinc D. O. M. infinita providentia conservationi nostræ consuluit, in-

ſtituta, admirandis legibus, tempeſtatum viciſſitudine. Et re quidem ipſa, ſubitanea ferventioris caloris intenſique frigoris viciſſitudo, noſtra corpora necaret animamque intercluderet. Si conclave, dum rigidiſſimo gelu aquæ tenentur, igne calefiat ita ut æſtivi temporis calorem adæquet, nullus mortalium tantum calorem ferre poſſet, ſed viribus reſolutus deficeret. Quæ cum ita ſint, ſaluti ſuæ parum invigilant homines qui, frigore aut gelu correpta aliqua corporis parte, ſtatim in igne promptoque calore remedium quærunt: quod quidem faciunt incaute omnino atque imprudenter. Etenim nimia caloris ſuccedentis velocitas non ſinit ut corporis partes amiſſum recuperent ordinem, ſed potius univerſum *œconomiæ animalis* ſyſtema labefactant atque omnino perturbant. Quare ſatius eſt, imo neceſſarium, corporis partem frigore geluque rigeſcentem, nivi per aliquod tempus ſubjici, antequam calidiori aeri objiciatur. Et certe ſi fructus, carnes aliaque corpora gelu & frigore correpta calori exponantur, hæc ſtatim tabeſcere, & corrumpi obſervantur. At ſi in aqua frigida deponantur, ita ut conglaciata deſuper cruſta protegantur, hac ſenſim ablata, integra prorſus inveniuntur corpora illa ex aqua extracta. Ita pomum quod in frigida aqua ſervatum fuit, eundem præſefert ſaporem quem ante congelationem habuerat. Neque etiam ſuperfluum erit, hic data occaſione, ſubjungere perniencioſiſſimum atque ſaluberrimum eſſe poſſe frigidi potus uſum, pro diverſa corporis noſtri conditione. Si vehementiori exercitatione & qualibet alia corporis agitatione vel *phyſica* vel *mechanica* aliquis æſtuaverit caloremque nimium contraxerit, id ſummopere vitare debet quod refrigerationem interius
vel

vel exterius afferre poſſit. Ex imprudenti balneorum frigidorum uſu ſubitaneam mortem non raro originem habuiſſe teſtantur doctiſſimi Medici inter quos Lanciſius lib. 2. de morbis ſubitaneis. Etenim frigoris impreſſio ſolidas corporis animalis partes conſtringit, fluidas autem condenſat, atque talis eſſe poteſt effectus ut partium ſolidarum actio, fluidarum autem motus nimis minuatur. Hinc maxime turbari poteſt tota corporis machina. Hinc naſcuntur in canalibus obſtructiones, & frequentiſſima in humorum ſecretionibus impedimenta, ex quibus innumera morborum genera. Ex potionis frigidioris abuſu intelligitur quoque illius uſus. Si nempe nimia ſit in fibris extenſio, relaxatio, nervorumque, ut dicunt, *atonia*, in his caſibus utiliſſime adhibentur potiones frigidæ. Quæ cum ita ſint, mirum eſſe non debet quod vir clariſs. Hoffmannus duo ediderit opuſcula quorum unum inſcribitur: *de frigido potu, vitæ & ſanitati hominum inimiciſſimo*, alterum vero: *de aquæ frigidæ potu ſalutari*.

SECTIO III.

De aſtronomia.

ASTRONOMIA ea eſt Philoſophiæ pars quæ corporum cæleſtium motus, ordinem, magnitudinem, contemplatur, & eorumdem motuum leges atque cauſas expendit. Hinc patet duas eſſe præcipuas Aſtronomiæ partes 1ª quæ vocatur *Theoretica*, diverſa corporum cæleſtium phœnomena conſiderat, eaque ad calculum revocat. Alia autem quæ Aſtronomia *Phyſica* dicitur, motuum cæleſtium cauſas explicat, vel ſaltem inveſtigat. Ita-

que duo primum sese offerunt hujus sectionis capita. Verum quia ad Astronomiam referuntur *Kalendarii* & *Chronologiæ* elementa, de Kalendario, & Chronologia quoque tertium caput subjungemus.

CAPUT I.

De variis corporum cælestium phænomenis & motibus.

ANtequam cælestium motuum veras leges explicare aggrediamur, universam cælestem sphæram qualem nempe oculis nostris sese conspiciendam præbet, primum contemplabimur, deinde veram corporum cælestium dispositionem expendemus, illorumque motus calculo subjiciemus. Recta docendi ratio postulat ut amplissimam hanc materiam in diversos articulos dividamus atque contrahamus.

ARTICULUS I.

De mundi systemate quale oculis apparet, & de sphæra cælesti.

I. SPectatori terrestri cœlum apparet tanquam superficies sphærica concava, stellis plurimis distincta, cujus ipse spectator centrum occupat, quæque circa puncta fixa velut cardines ab ortu ad occasum æquabiliter convertitur, & 24 circiter horis integram revolutionem absolvit. Puncta illa opposita P, p, circa quæ rotari videtur sphæra (Fig. 25.) *poli* mundi dicuntur, quorum is qui nobis conspicuus est ut, P, *arcticus*, vel *borealis* dicitur; ipsi vero oppositus, P, *antarcticus*, seu *australis* appellatur. Recta linea Pp, utrumque

que polum connectens *axis mundi*, vocatur. *Æquator*, five *æquinoctialis* est circulus sphæræ cæleſtis maximus cujus poli iidem sunt cum polis mundi, proindeque sphæram mundanam dividit in duo hemisphæria, *Boreale*, APQ, in quo est polus borealis P, & auſtrale ApQ, in quo est polus auſtralis p. Stellæ ſingulæ ut S, in circulis Ss, æquatori AQ parallelis, communi ſphæræ cæleſtis motu revolvi quotidie videntur. *Fixæ* nominantur quæ eandem inter ſe diſtantiam perpetuo ſervant; *erraticæ* vero ſeu *Planetæ* vocantur quæ diſtantias ſuas a fixis mutant, & motu proprio ferri conſpiciuntur. Planetæ ſunt ſeptem *Sol*, *Luna*, *Mercurius*, *Venus*, *Mars*, *Jupiter*, & *Saturnus*; inter planetas tellurem non recenſemus; hic enim conſideramus ſpectatorem terreſtrem tanquam immotum.

Ecliptica eſt circulus ſphæræ maximus quem centrum ſolis proprio motu ab occaſu ad ortum ſingulis annis deſcribere videtur. Hic circulus æquatorem oblique interſecat ſub angulo inclinationis ATC, graduum $23\frac{1}{2}$ circiter. Puncta duo oppoſita in quibus æquator, & ecliptica ſeſe mutuo ſecant, *æquinoctialia* dicuntur; puncta autem *ſolſtitialia* appellantur eclipticæ puncta duo oppoſita quæ a punctis æquinoctialibus toto circuli quadrante diſtant, quæque proinde maxime recedunt ab æquatore & in quibus aſcenſus ſolis ſupra æquatorem, & deſcenſus infra eundem terminatur. Circulus maximus qui tranſit per utrumque polum, & per puncta æquinoctialia, appellatur *colurus æquinoctiorum*. At *colurus ſolſtitiorum* dicitur circulus maximus qui per utrumque polum, & per puncta ſolſtitialia traducitur. Cur vero æquinoctialibus & ſolſtitialibus punctis hæc facta ſint nomina, in Aſtronomiæ progreſſu ex-

plicabimus. *Signum cæleste* est duodecima pars eclipticæ, & in 30 gradus iterum dividitur. Sex sunt signa borealia per borealem eclipticæ partem distributa, hisque nominibus designata: *Aries*, *Taurus*, *Gemini*, *Cancer*, *Leo*, *Virgo*; Sex autem Australia: *Libra*, *Scorpius*, *Sagittarius*, *Capricornus*, *Aquarius Pisces*.

Zodiacus est sphæræ cælestis portio, seu zona duobus circulis eclipticæ parallelis & gradibus 8. vel 9. hinc inde ab ecliptica distantibus terminata, sub qua planetæ omnes motus suos absolvunt. Dum planeta ab occasu in ortum seu secundum *ordinem signorum*, aut quod idem significat, in *signa consequentia*, nimirum ab ariete ad taurum, a tauro ad geminos &c. motu proprio fertur, ille planeta tunc temporis *directus* vocatur. Dum autem planetæ motus proprius cessare videtur, seu dum planeta in eodem cæli puncto morari per aliquot dies cernitur, eundem situm fixarum respectu servans, *stationarius* dicitur; *retrogradus* tandem appellatur, ubi contra *signorum ordinem* seu *in antecedentia*, nempe a tauro ad arietem, ab ariete ad pisces &c. proprio motu incedit.

II. *Circuli declinationis*, seu *circuli horarii* sunt circuli maximi per mundi polos transeuntes & proinde æquatori perpendiculares. Sideris vel puncti cujuslibet in sphæra mundana *declinatio* est arcus circuli declinationis inter sidus vel datum punctum & æquatorem interceptus. *Ascensio recta* sideris est arcus æquatoris inter initium Arietis & circulum declinationis sideris illius comprehensus, ac secundum ordinem signorum numeratus. *Circuli latitudinis* syderum sunt circuli sphæræ maximi per polos eclipticæ, & per sidera transeuntes, atque ideo eclipticæ perpendiculares.

Hinc

Hinc *latitudo* sideris est arcus circuli latitudinis inter sidus, & eclipticam interceptus. *Longitudo* sideris est arcus eclipticæ ab arietis initio versus ortum seu in consequentia usque ad latitudinis circulum numeratus. Punctum intersectionis eclipticæ cum circulo latitudinis sideris, dicitur locus sideris *eclipticus* sive locus *in ecliptica*, vel locus *ad eclipticam reductus*.

III. Si per locum quemvis S, in superficie terræ (Fig. 26.) ducatur per terræ centrum T, linea recta ZSN, quæ sphæræ cælesti occurrat in Z, & N, punctum Z, dicitur loci S, *zenith* seu vertex, & punctum N, vocatur ejusdem loci *Nadir*. *Horizon sensibilis*, seu *apparens* loci S, est sphæræ circulus, hurx, centrum habens in S, & polos in Z, & N. *Horizon rationalis* seu *verus* est circulus HVRX, centrum habens in T, & polos in Z, & N, ideoque horizonti sensibili parallelus.

Circulus *verticalis* est circulus quilibet maximus ZVNX, per Zenith atque Nadir, & per aliud quodcumque punctum in sphæra mundana transiens, ideoque horizonti perpendicularis. *Meridianus* est circulus verticalis, PZNR, per polos mundi P, & p transiens, ac proinde æquatori perpendicularis, & circulos omnes æquatori parallelos bifariam dividens. Intersectio plani meridiani cum plano horizontis HR vel hr, dicitur *linea meridiana*. Circulus verticalis *primarius* dicitur verticalis ille qui per polos meridiani transit. Sit ZVNX, verticalis primarius horizontem rationalem HVRX, intersecans in V, & X, quem meridianus etiam secat in H, & R. Puncta quatuor R, X, H, V dicuntur *cardines mundi*; punctum quidem R, in hemis-

phærio boreali cardo *ſeptentrionis* H, cardo *meridiei* V, ad partes orientis cardo *orientis*, & punctum oppoſitum X cardo *occidentis*. Diſtantia horizontis apparentis ab horizonte vero, ſive telluris ſemidiameter ST, ſenſibilis non eſt, ſi conferatur cum ſtellarum diſtantiis, & ideo terra reſpectu ſphæræ ſtellarum tamquam punctum, & quilibet terræ locus tanquam hujus ſphæræ centrum conſiderari poteſt. Nam omnes fere Aſtronomorum obſervationes id ſupponunt, qua facta hypotheſi, computationes aſtronomicæ cum phœnomenis cæleſtibus quadrant. Porro quemadmodum ſingula terræ loca pro centro ſphæræ ſtellarum uſurpari poſſunt, ita fingi poteſt in ſpatiis cæleſtibus ſphærica ſuperficies cujus tanta ſit diameter ut illius reſpectu evaneſcat ſolis vel ſtellæ datæ a tellure diſtantia, & hujus ſphæræ centrum poterit indiſcriminatim collocari vel in terra, vel in ſole, aut in ſpatio intermedio.

IV. *Altitudo poli* P ſupra horizontem eſt meridiani arcus, PR, a polo ad horizontem interceptus. Ea ſemper æqualis eſt arcui, ZA, a vertice Z, ad æquatorem, AQ, intercepto. Nam ſi ex circuli quadrantibus ZPR, & AZP ſubducatur arcus communis, ZP, remanebunt arcus æquales AZ, & PR. *Altitudo æquatoris* ſupra horizontem eſt arcus meridiani AH, inter æquatorem, & horizontem comprehenſus; æqualis eſt complemento altitudinis poli ſeu arcui ZP; quod quidem, ablato ex quadrantibus HAZ, & AZP, comcommuni arcu AZ, manifeſtum eſt. *Altitudo apparens* ſideris vel puncti cujuslibet L, in ſphæra mundana eſt angulus Lsv ſub quo ex centro S, horizontis ſenſibilis, videtur arcus Lu, circuli verticalis per L, ducti uſque ad ho-

horizontem sensibilem hurx. Altitudo *vera* puncti L, est angulus LTV, seu ipsius mensura, arcus scilicet LV, in circulo verticali per L, ducto usque ad horizontem rationalem HVRX. Quare stellarum fixarum altitudines apparentes, & veræ coincidunt.

Apparentes siderum altitudines totius Astronomiæ basis sunt, & fundamentum; igitur qua ratione observari possunt, breviter exponemus. Circuli quadrans SAB, (Fig. 27.) cujus limbus ACB, in gradus & minuta divisus est, ita statuitur ut filum SCD, pondere D, tensum, ideoque verticale, limbum illius radat; deinde ita vertitur ut sidus L, cujus altitudo observanda est, per *dioptras* aut per telescopium lateri SB, affixum videatur in eodem latere SB, producto. Quo facto, habetur arcus AC, mensura altitudinis apparentis; nam cum filum e quadrantis centro S, pendens, sit semper in plano verticali, quadrans ASB, erit etiam in eodem plano, ideoque hr ad SD, perpendicularis, erit intersectio horizontis sensibilis, & plani verticalis per L, ducti, atque angulus Lsh, erit sideris L, altitudo apparens. Sed si ab angulis rectis lsA, & hSD, subducatur communis hSA, remanent æquales anguli LSh, & ASC; hujus vero mensura est arcus AC.

V. Si sæpius observetur tum motus solis in eclyptica, tum ipsius diameter apparens, quam fieri potest accuratissime; circa datum punctum in plano describi poterit curva similis orbitæ quam sol circa terram percurrere videtur. Nam cum diametri solis apparentis sint reciproce ut ipsius a tellure distantiæ, ex datis diametris apparentibus dantur distantiarum rationes, & ex dato solis motu in eclyptica, dantur anguli inter distantias illas contenti.

K 5 Dies

Dies *ſolaris* eſt tempus unius revolutionis diurnæ ſolis a meridiano ad eundem meridianum; dies autem *ſidereus* ſeu *primi mobilis*, ut dicunt, qui ſemper idem manet, eſt tempus revolutionis diurnæ ſtellæ fixæ a meridiano ad eundem. Si ſtella fixa & ſol in eodem meridiano ſimul obſerventur, ſtella ad eundem meridianum prius redibit quam ſol. Præterea, collatis æquinoctiorum & ſolſtitiorum obſervationibus, innotuit ſolem intervallo 8 fere dierum diutius morari in ſignis borealibus quam in auſtralibus; ac tandem æquinoctiorum & ſolſtitiorum antiquas obſervationes cum recentioribus comparando definita eſt quantitas *anni æquinoctialis*, ſive tempus quo ſol motu proprio ab uno æquinoctio ad idem æquinoctium vel ab uno ſolſtitio ad idem ſolſtitium progreditur, & ab auctoribus Kalendarii Gregoriani conſtituta eſt 365 diei. 5 hor. 49'. Data autem quantitate anni æquinoctialis, datur motus ſolis medius pro quolibet dato tempore, hoc eſt, motus qui ſoli competeret, ſi uniformiter in ecliptica progrederetur. Eſt enim, ut $365^d\ 5^h.\ 49'$ ad tempus datum ita 360^d quos ſol anni æquinoctialis tempore deſcribit proprio motu, ad arcum eclipticæ dato tempore conficiendum. Hac proportione arcus eclipticæ anno communi 365^d, deſcribendus, eſt 11 ſignorum, 29°. 45' 40''; die uno eſt 59'. 8'' 20'''; hora una eſt, 2' 28''; minuto uno eſt 2'' 28'''. Arcus æquatoris qui dato tempore ſub meridiano tranſit ſimili modo invenietur; dicendo: ut 24 horæ ſidereæ ad tempus datum; ita 360° ad arcum quæſitum; is ergo una hora erit 15°, minuto uno primo erit 15', minuto ſecundo 15''. Cum autem ſol die uno deſcribat motu proprio ad æquatorem relato, arcum 59' 8'' 20''' ab occa-

ſu

su ad ortum, ut inveniatur arcus æquatoris dato tempore solari medio sub meridiano transiens, dicatur: ut 24 horæ solares ad datum tempus solare, ita 360° 59′ 8″ 20‴ ad arcum quæsitum. His igitur proportionibus tempus solare medium vel tempus sidereum convertitur in gradus æquatoris. Facile autem patet ex dictis diem solarem medium æqualem esse 24 horis sidereis cum 3′ 56″ 32‴. Jam vero si adhibitis observationibus accuratissimis conferantur diametri apparentes solis cum illius angulari velocitate circa terram, apparet areas quas sol radio ad terram ducto describit, esse temporibus proportionales, solisque orbitam non multum differre a circulo & haberi posse pro ellipsi cujus focum alterum occupat terra. Est autem solis diameter apparens maxima 32′ 40″ & minima 31′ 36″ & ideo maxima distantia solis a terra est ad distantiam minimam ut 32′ 40″ ad 31′ 36″, sive ut 1960. ad 1896. circiter, sive ut 245 ad 237.

VI. Ex præcedentibus patet in sphæra cœlesti sex circulos maximos potissimum numerari, nempe *Æquatorem*, *Meridianum*, *Horizontem*, *Zodiacum* & utrumque *Colurum*. Præter circulos sex maximos, considerari etiam solent in sphæræ cœlestis doctrina quatuor præcipui minores circuli. Circuli qui æquatori paralleli per polos Zodiaci transeunt, sive qui a polis Zodiaci describuntur, dum sphæra circa proprium axem convertitur, *Polares* vocantur; *arcticus* quidem qui circa arcticum; *antarcticus* vero qui circa antarcticum; circuli denique æquatori paralleli qui per puncta solstitialia ducuntur, sive a punctis solstitialibus describuntur, dum sphæra circa polos mundi rotatur, *Tropici* dicuntur. Qui polo arctico proximior est *Tropicus Cancri* dicitur; qui au-

tem ad polum antarcticum accedit, *Tropicus Capricorni* vocatur. Porro cum polares circuli a polis eclipticæ describantur, evidens est circulorum illorum a polis mundi distantiam esse 23°. 29′. Quia vero tropici duo describuntur a punctis solstitialibus quæ ab æquatore distant 23. 29′, patet quoque tropicorum ab æquatore distantiam eandem esse, nempe 23. 29′. Cæterum evidens est omnes cælestes circulos ad telluris superficiem transferri posse. Itaque *axis telluris* dicitur pars axis mundi per telluris centrum transiens, telluris superficie terminata in punctis duobus quæ *poli terræ* vocantur. Polus nobis conspicuus *borealis* vel *arcticus*, alter autem *australis* vel *antarcticus* appellatur. Intersectio plani æquatoris cælestis cum telluris superficie, dicitur *æquator terrestris*, aut etiam circulus *æquinoctialis*. Quare latitudo loci cujusvis in superficie terræ est ejus distantia ab æquatore, sive est meridiani terrestris arcus inter locum datum & æquatorem interceptus. Unde patet latitudinem loci in superficie terræ, numero gradnum, æqualem esse declinationi cœlesti verticis, ejusdem loci, seu altitudini poli. Simili ratione alii quilibet circuli ad telluris superficiem referuntur. Verum ut tota hæc sphæræ cælestis doctrina tironibus perspicue explicetur, in memoriam revocari debent quæ de planorum proprietatibus in Geometria demonstravimus; atque etiam oculis subjicienda *armillaris*, ut vocant, sphæra; circulis ligneis vel metallicis, eo quem enumeravimus ordine, distincta.

VII. Superest jam ut siderum parallaxim breviter explicemus. Distantia locorum in sphæra cælesti ad quæ sidus vel phœnomenum quodvis e superficie telluris & ex ejus centro spe-

ſpectatum refertur, ſive arcus circuli maximi inter illa duo loca interceptus, ipſius ſideris aut phœnomeni *parallaxis* appellatur, quæ proinde nulla eſt, niſi terræ ſemidiameter ſenſibilem habeat rationem ad diſtantiam ſideris a terra. Sit T, centrum telluris ac cæli (Fig. 28.) A, oculus in ſuperficie terræ, Z, Zenith loci A, Q, ſidus vel phœnomenum quodvis, CPQ verticalis per Q, tranſiens, ZSXH, verticalis in ſuperficie ſphæræ cæleſtis ABE, verticalis in ſuperficie terræ TH, horizon rationalis & Ah, horizon ſenſibilis. His ita conſtitutis, locus *phyſicus* ſideris Q, eſt punctum illud in quo ſideris centrum hæret. Locus *opticus apparens* ſeu *viſus* eſt punctum V, in ſuperficie ſphæræ cæleſtis, in quo recta ex oculo A, per centrum ſideris Q, ducta terminatur. Locus *opticus verus* eſt punctum S, in ſuperficie ſphæræ cæleſtis in quo terminatur recta linea TQS, ex terræ centro T, per Q, ducta. Parallaxis eſt arcus SV, ſive differentia duorum locorum opticorum. Angulus *parallacticus* qui plerumque etiam parallaxis vocatur, eſt angulus AQT, quem in centro ſideris efficiunt rectæ AQ, & TQ, ex oculo A, & ex centro terræ T, ad ſideris centrum Q, ductæ. Parallaxis *altitudinis* quæ & parallaxis *ſimpliciter* dicitur, eſt differentia inter diſtantiam ZV, a zenith Z, ex loco A, viſam, & diſtantiam veram ZS, ſive eſt arcus SV, in circulo verticali ZSVH; quare manifeſtum eſt altitudinem ſideris veram per parallaxim minui & ejus a vertice diſtantiam augeri. Parallaxis *horizontalis* eſt parallaxis Xh, ſideris P, in horizonte ſenſibili Ah, apparentis. Evidens autem eſt arcum SV eſſe menſuram anguli parallactici AQT. Etenim jungatur TV, erit angulus externus AQT,

aqua-

æqualis duobus internis oppositis QTV & QVT; sed angulus QVT, sive AVT, evanescente AT, respectu TV, nullus est, ergo angulus parallacticus AQT æqualis est angulo QTV, seu STV cujus mensura est arcus SV.

Manente sideris a centro terræ distantia, sinus parallaxeos est ad sinum distantiæ visæ sideris a vertice, in ratione data semidiametri telluris ad distantiam sideris a centro terræ. Nam in triangulo AQT, est AT ad QT in ratione sinus anguli parallactici AQT, seu sinus parallaxeos ad sinum anguli TAQ, sive ad sinum distantiæ visæ ZV, a vertice, & ideo datis AT, & QT, data est ratio sinuum illorum. Hinc patet sideris in vertice Z, constituti parallaxim esse nullam, eandem crescere cum distantia a vertice & in horizonte fieri maximam. Hinc etiam colligitur sinus parallaxium, in paribus sideris a centro terræ distantiis, esse ut sinus distantiarum visarum a vertice, & ideo si detur parallaxis sideris in aliqua a vertice distantia, dabitur in alia quavis distantia a vertice.

Data sideris Q, parallaxi AQT, cum angulo ZAV, seu distantia apparente a vertice, datur in semidiametris terræ, tum distantia QT, sideris Q, a centro terræ, tum distantia ejus AQ, a loco A. Dato enim angulo ZAQ, datur TAQ, complementum illius ad duos rectos; unde ob datum etiam angulum TAQ, dantur tres anguli trianguli QAT, ac proinde datur ratio laterum inter se. Hinc data sideris P, parallaxi horizontali; si inferatur: ut sinus parallaxeos ad sinum totum, ita semidiameter telluris AT, ad quartum, obtinebitur distantia PT, sideris a centro terræ ob angulum TAP, rectum.

Tan-

Tandem sinus parallaxeon siderum Q, q, in æqualibus distantiis apparentibus a vertice, sunt in ratione reciproca distantiarum siderum a centro terræ. Etenim ut sinus parallaxeos AQT, ad sinum anguli ZAV, ita est AT ad QT; & ut sinus anguli ZAV, ad sinum parallaxeos AqT, ita qT, ad AT, ideoque ex æquo sinus parallaxeos AQT est ad sinum parallaxeos AqT, ut qT ad QT. Hinc patet siderum in eadem altitudine apparente existentium, illud habere majorem parallaxim quod minus distat a centro terræ. Porro hujus doctrinæ frequens recurret usus in Physices progressu.

ARTICULUS II.

De variis mundani systematis hypothesibus.

I. CÆteras inter hypotheses quæ ad explicanda cælestium corporum phænomena inventæ sunt, illa prior nobis occurrit quæ *Ptolemaica* dici solet, non quod veterum Astronomorum facile princeps Ptolomeus omnia docuerit quæ de illa hypothesi exponi solent, sed quia ab illo præcipuum veluti lumen ac nomen ipsum accepit.

In mundi centro immobilis terra statuitur. Hanc diversæ, ordine suo, ambiunt sphæræ; prima est *Lunæ*, post hanc *Mercurii*, deinde *Veneris*, tum *Solis*, dein *Martis*, postea *Jovis* ac tandem *Saturni*. Prædictas sphæras complectitur fixarum sphæra quam *firmamentum* appellant. Fixarum orbem amplectuntur cæli duos quos *crystallinos* vocant; horum primum dicitur *sphæra nona*, alterum vero *decima*, sequitur tandem & cælum undecimum quod

pri-

primum mobile vocatur. Duodecimum cælum addiderunt alii quod *Empyræum* dixerunt & in quo Beatorum Sedem constituebant. Jam vero in hypothesi Ptolemaica diurnus siderum & planetarum omnium motus ex ortu in occasum a primo mobili omnibus cælis inferioribus imprimitur; motus autem proprius siderum ab occidente in orientem a firmamento vel sidereo cælo producitur; singulorum vero planetarum motus ab occidente in orientem a proprio cælo oritur, ita ut horum omnium periodus illo temporis spatio absolvatur, quod ex astronomicis observationibus in planetis singulis definitur. Duos cælos crystallinos in astronomiam invexit Alphonsus Rex Castiliæ Astronomicarum rerum peritissimus. Primo crystallino tribuebatur motus quem *librationis* motum appellant; ad explicandum scilicet motum quo stellæ fixæ 70. annorum spatio, uno circiter gradu versus orientem progredi videntur. Alteri autem crystallino tribuebatur *trepidationis*, quem dicunt, motus, ad explicandum nempe motum quo sphæra cælestis ab uno polo ad alterum, quasdam veluti oscillationes absolvere credebatur.

Explicandæ supererant variæ planetarum a terra distantiæ, illorumque retrogradationes ac stationes. Planetas in circulis terræ excentricis revolvi ponebant veteres Astronomi, atque ita facili negotio diversas a terra planetarum distantias expediebant. Ut autem afferrent rationem cur planetæ modo *directi*, modo *retrogradi*, aliquando *stationarii* appareant, in ipsa circuli excentrici circumferentia revolvi intelligebant circuli minoris centrum, hunc vero minorem circulum appellarunt *Epicyclum*; circulum autem excentricum vocabant *deferentem*. Jam fingatur circulum deferentem

tem illiusque Epicyclum moveri motu uniformi ab occidente in orientem secundum ordinem signorum, & utrumque circulum circa proprium centrum eodem tempore revolvi; spectator in centro *deferentis* collocatus, hunc circulum moveri videbit secundum ordinem signorum; at eidem spectatori Epicyclus moveri non apparebit secundum hanc directionem, nisi in parte superiori *deferentis*, in parte autem inferiori motu apparenti videbitur progredi contra signorum ordinem. Id quidem ex ipsa spectatoris positione respectu Epicycli facile colligitur. Præterea cum motus directus Epicycli in retrogradum habeat, mutationem hanc per gradus fieri manifestum est, ac proinde *deferentis* motu manente uniformi, ipsum Epicycli motum variabilem apparere necessum est. Ut autem rei totius distincta notio habeatur, per centrum circuli deferentis seu oculum spectatoris, & per ipsum epicycli centrum ducta intelligatur recta ad superiorem epicycli circumferentiam terminata; punctum rectæ superius designabit majorem a terra distantiam seu *apogæum*, ut vocant, punctum autem inferius distantiam minorem seu *perigæum*. Diameter Epicycli ad hanc rectam perpendicularis hunc dividet in duas partes æquales, superiorem & inferiorem. In puncto Apogæi motus apparet directus, qualis revera est; & velocitas *apparens* non differt a velocitate vera, seu *reali*. In sequente circuli quadrante, motus quidem manet directus; at velocitas apparens reali velocitate minor est; cum motus directus ad retrogradum vergat. In secundo circuli quadrante motus directus abit in retrogradum, qui motus perpetuo crescit ad totam usque semicircumferentiam, ubi directo motui æqualis fit; in altera semicircum-

cum-

cumferentia res ordine inverso peragitur. Evidens autem est stationem denique fieri in transitu e motu directo in retrogradum, vel e retrogado in directum.

In hac hypothesi, eodem tempore moveri ponuntur, tum *deferens*, tum *epicyclus*; ac proinde respectu spectatoris, res perinde se habet ac si epicyclus in circuli *diferentis* immoti peripheria moveretur; quare diversæ circulorum velocitatis nulla ratio habenda est; at in alio quolibet casu motuum compositio considerari debet. Punctum perigæi quod ad planum circuli deferentis pertinet & ad ipsam Epicycli circumferentiam, duplicem admittit motum, unum scilicet qui ex ipso deferente originem habet secundum ordinem Signorum, alterum vero contra Signorum ordinem qui erit directus epicycli motus; hic autem motus ob perigæi motum mutatur in retrogradum. Hinc patet ex Geometria colligi posse varias in *deferente* & *epicyclo* motuum hypotheses quæ recensitis planetarum phænomenis satisfaciant. Quamvis autem hypothesis ptolemaica difficilioribus laboret motuum ambagibus, eam tamen ingeniosissime excogitatam fuisse fatendum est. At negari non potest systema illud in quo Mercurii ac Veneris orbitæ tellurem ambiunt, astronomicis observationibus omnino repugnare. Observatur enim Venerem modo ultra, modo citra Solem revolvi, quod de Mercurio constanter etiam demonstrant observationes astronomicæ. Hinc illud in confesso est apud omnes, Venerem & Mercurium circa solem revolvi, minime vero circa terram, ut fingebat Ptolomæus, ita ut tamen orbita Mercurii ab orbita Veneris contineatur. Præterea Mars aliquando nobis fit sole vicinior; Mars enim perigæus, ex obser-

va-

vationibus astronomicis, telluri proximior apparet quam sol; quod fieri nequaquam posset; cum orbita Martis orbitam Solis contineat. Hæc Mercurii, Veneris & Martis phænomena primis Ptolemaici systematis autoribus ignota fuere.

Neque est quod cælorum soliditatem refellamus; hanc prorsus evertunt Cometæ qui libere ab altissimis circa nos spatiis ad solem delapsi, inde rursus emergunt, atque huc illuc sine certa lege vagantur. Hæc cælorum omnium soliditas, etiamsi diaphaneitas foret maxima, luminis transmissionem ad immensa spatia tandem interciperet. De cælorum substantia nihil definiverat Ptolomeus, solida ne potius, an tenuis haberi debeat. Posteriores quidam Astronomi cælos solidissimos esse voluerunt ut admirabilis motuum cælestium constantia, cælorumque incorruptibilitas salvari possent. At constantes quas observamus motuum cælestium leges, jam breviter explicavimus in Physica generali, & in sequenti capite fusius evolvemus. Quod spectat cælorum incorruptibilitatem, observationibus astronomicis certissimum est, in sole & planetis nasci maculas, variasque accumulari materiæ congeries quæ tandem evanescunt atque dissipantur. Nullum dubium est quin planetæ non secus ac tellus nostra, variis intestinis motibus sint obnoxii, ac proinde etiam frequentissimas mutationes patiantur. Quare generalis materiæ corruptio ad corpora quælibet etiam remotissima extendi debet; cum *motus sit corruptionis & generationis principium*.

II. Aliam mundani systematis hypothesim excogitavit Tycho Braheus Nobilis Danus. Hæc hypothesis quæ ab auctore *Tichonicæ* nomen obtinuit, tellurem in centro universi col-

collocat, circa terram proxime revolvitur Luna, dein Sol, qui, licet moveatur, ipſe tamen eſt centrum motus reliquorum planetarum, ita ut ſolem ſtatim ambiat orbita Mercurii, poſtea Veneris, deinde Martis. Tandem poſt Martem veniunt Jupiter & Saturnus; orbitæ Martis, Jovis & Saturni terram continent atque orbitam Lunæ; ſed orbitæ Veneris & Mercurii terram lunæque orbitam perpetuo excludunt; Martis vero orbita ita ſolem terramque complectitur ut illius orbita orbitam ſolis interſecet, nempe Mars aliquando terræ proximior eſt quam ſit ipſe ſol; omnium tandem planetarum orbitas fixarum ſphæra complectitur; hæc autem ſphæra non ponitur immobilis, ſed duplici agitur motu, uno ſcilicet quo circa tellurem ab ortu in occaſum fertur tempore 24 hor., altero autem quo lentiſſime progreditur ab occaſu in ortum ſub Zodiaco tempore 25000 annorum. Itaque in hypotheſi Tichonica, Sidera, Sol, & Luna circa terram 24 horarum ſpatio ſimul cum cæteris planetis ex ortu in occaſum feruntur. Hoc autem a Tichonicis ita exponi ſolet, ut Luna quidem, Sol & Sidera ſecundum Zodiacum lenta periodo ex occaſu in ortum moveantur; interim tamen ſingulis diebus circa terram ex ortu in occaſum circulos æquatori parallelos deſcribant. Dum vero ſol circa terram 24 horarum ſpatio convertitur, planetas omnes ſecum circumvehit & abducit, ut ipſi quoque eodem tempore circa terram circulos excentricos peragere videantur; atque ita quidem diurnus Siderum & planetarum omnium motus circa tellurem & propius circa Solem & terram ipſam, inæqualis etiam magnitudo vel diſtantia planetarum a terra in hac hypotheſi explicantur.

tur. Sed explicandum adhuc supererat qua ratione directiones, stationes, retrogradationes planetarum fierent, & cætera sequerentur phænomena quæ in planetis deprehenduntur.

Itaque cum animadverteret superioris sæculi decus Joannes Keplerus duplicem motum in hac hypothesi planetis concedi, alterum quidem quo circa terram abducerentur a Sole, alium vero quo interim certa quadam periodo circa solem moverentur, ex utroque motu, *abductionis* a sole circa terram, & *conversionis* circa solem, tertium motum instar spiralis componi demonstravit. Jam tellus in centro T, posita sit (Fig. 29.) circa quam moveatur sol in circulo ABCD, secumque abripiat Jovem circa terram, dum ille interim lentiori motu circa solem movetur; si Jupiter ex F, tendat in G celerius moveri videbitur juxta signorum ordinem; cum duplici motu, proprio nimirum & alio quo a sole abripitur, versus eandem partem feratur, ideoque *directus* vocabitur. Si ex G in H vel ex I in G moveatur, *stationarius* dicetur, quod ibi fere quiescat & sub eodem firmamenti loco appareat; Si denique ex H moveatur in I, *retrogradus* erit; videbitur enim ex ortu in occasum regredi. Cum itaque singulis annis unicam convolutionem vel spiræ partem, planetæ circa solem describant, neque tamen integram periodum suam circa ipsum vel circa terram singulis annis perficiant, necessum est ut integra spira quæ circa solem a Jove describitur, paucioribus convolutionibus componatur, spira autem Saturni pluribus, & ita de aliis planetis. Quare frequentiores esse debent retrogradationes in Jove quam in Marte, & in Saturno quam in Jove.

Hæc

mira ingenii ſagacitate, fuſe poſtea declarabimus.

Sol veluti centrum univerſi in medio collocatur. Circa ipſum Mercurius trium fere menſium ſpatio convertitur. Deinde ſequitur Venus octo menſium periodo circa ſolem revolvens, tum orbis ille magnus quem annuo motu circa ſolem peragit terra. Hunc excipit cælum Martis qui duobus annis movetur. Hoc ſequitur cælum Jovis qui duodecim annorum ſpatio periodum ſuam abſolvit. Omnium denique planetarum ſupremus Saturnus triginta annorum ſpatio circulum peragit. Poſtremo ſidera fixa prorſus immota quieſcunt, etſi circa ſolem ipſum lento motu progredi videantur, ut 36000 annis integram periodum abſolvant. Quemadmodum vero Luna non circa Solem, ſed circa tellurem ipſam intra menſem movetur, ita quoque ſatellites aut lunulæ quatuor Jovem motibus ſuis coronant & quinque Saturnum. Cum vero cæteri planetæ unico motu ex occaſu in ortum, juxta Copernicum, moverentur, triplicem in ſola tellure diſtinguebat motum; *diurnum* nempe circa ſeipſam vel proprium axem, *annuum* per eclipticam circa ſolem, & motum *paralleliſmi* vel *inclinationis* juxta quem axis terræ ſibi conſtanter parallelus eandem ſemper cæli partem reſpiciat; non diſſimili fere ratione qua globus aliquis ita ſuper planum rotari aut etiam ſupra curvam rotæ ſuperficiem circumduci poteſt, ut interim circa ſeipſum moveatur & axem ſemper ſibimetipſi parallelum retineat. Hypotheſim copernicanam eo loci breviter propoſuiſſe ſatis ſit. Cæterum patet ſyſtema Tichonicum ex copernicano & ptolemaico eſſe conflatum; ſeu potius eſſe ſyſtema copernicanum, ut ita dicam, *in-*

ver-

versum. Jam nonnulla cæleſtium motuum phænomena in ſyſtemate Copernicano exponamus, ut ſyſtematum facilitatem inter ſe conferre liceat.

Cum terra perenni & æquabili motu ex occidente in orientem ſpatio 24. horarum circa ſeipſam rotatur, ſidera, Sol & cæteri planetæ ex notiſſimis Opticæ legibus diurno motu ferri videntur ex ortu in occaſum. Planetæ tamen ſinguli proprio motu atque inæquali periodo ex occaſu in ortum circa ſolem feruntur, ſi ſolem exceperis, qui licet immobilis in univerſi medio perſeveret, annua tamen periodo circa tellurem converti videtur. Si quidem terra, dum circa proprium axem movetur, tardiori etiam motu per orbem magnum ſive zodiacum ſenſim progreditur juxta ſignorum ſeriem, vel ex occaſu in ortum ut unicum fere gradum ſingulis diebus, omnemque periodum unius anni ſpatio conficiat; hinc nobis apparet ſolem per eadem ſigna moveri, hac tamen lege ut cum terra in aliquo ſigno reperitur, E. G. *Ariete*, ſol in oppoſito ſigno *Libræ* videatur; cum terra in *Cancro* moratur, Sol *Capricornum* occupet. Deinde vero cum terra circa Solem annua periodo revolvens, modo accedat, modo recedat a planetis, debent illi modo majores, modo minores, modo proximiores, modo remotiores videri.

Planetarum ſtationes, directiones & retrogradationes mira facilitate explicantur. Circa ſolem S, in centro poſitum (Fig. 30.) deſcribatur circulus ABCD, quem annuo motu terra percurrit, ſitque EFG circulus alter quem aliquis planeta ſuperior, puta Saturnus, motu proprio peragit. Si terra ponatur in A, Saturnus apparebit ſub aliquo puncto vel ſi-

tem ad polum antarcticum accedit, *Tropicus Capricorni* vocatur. Porro cum polares circuli a polis eclipticæ describantur, evidens est circulorum illorum a polis mundi distantiam esse 23°. 29′. Quia vero tropici duo describuntur a punctis solstitialibus quæ ab æquatore distant 23°. 29′, patet quoque tropicorum ab æquatore distantiam eandem esse, nempe 23°. 29′. Cæterum evidens est omnes cælestes circulos ad telluris superficiem transferri posse. Itaque *axis telluris* dicitur pars axis mundi per telluris centrum transiens, telluris superficie terminata in punctis duobus quæ *poli terræ* vocantur. Polus nobis conspicuus *borealis* vel *arcticus*, alter autem *australis* vel *antarcticus* appellatur. Intersectio plani æquatoris cælestis cum telluris superficie, dicitur *æquator terrestris*, aut etiam circulus *æquinoctialis*. Quare latitudo loci cujusvis in superficie terræ est ejus distantia ab æquatore, sive est meridiani terrestris arcus inter locum datum & æquatorem interceptus. Unde patet latitudinem loci in superficie terræ, numero graduum, æqualem esse declinationi cœlesti verticis ejusdem loci, seu altitudini poli. Simili ratione alii quilibet circuli ad telluris superficiem referuntur. Verum ut tota hæc sphæræ cælestis doctrina tironibus perspicue explicetur, in memoriam revocari debent quæ de planorum proprietatibus in Geometria demonstravimus; atque etiam oculis subjicienda *armillaris*, ut vocant, sphæra; circulis ligneis vel metallicis, eo quem enumeravimus ordine, distincta.

VII. Superest jam ut siderum parallaxim breviter explicemus. Distantia locorum in sphæra cælesti ad quæ sidus vel phœnomenum quodvis e superficie telluris & ex ejus centro spe-

ſpectatum refertur, ſive arcus circuli maximi inter illa duo loca interceptus, ipſius ſideris aut phœnomeni *parallaxis* appellatur, quæ proinde nulla eſt, niſi terræ ſemidiameter ſenſibilem habeat rationem ad diſtantiam ſideris a terra. Sit T, centrum telluris ac cæli (Fig. 28.) A, oculus in ſuperficie terræ, Z, Zenith loci A, Q, ſidus vel phœnomenum quodvis, CPQ verticalis per Q, tranſiens, ZSXH, verticalis in ſuperficie ſphæræ cæleſtis ABE, verticalis in ſuperficie terræ TH, horizon rationalis & Ah, horizon ſenſibilis. His ita conſtitutis, locus *phyſicus* ſideris Q, eſt punctum illud in quo ſideris centrum hæret. Locus *opticus apparens* ſeu *viſus* eſt punctum V, in ſuperficie ſphæræ cæleſtis, in quo recta ex oculo A, per centrum ſideris Q, ducta terminatur. Locus *opticus verus* eſt punctum S, in ſuperficie ſphæræ cæleſtis in quo terminatur recta linea TQS, ex terræ centro T, per Q, ducta. Parallaxis eſt arcus SV, ſive differentia duorum locorum opticorum. Angulus *parallacticus* qui plerumque etiam parallaxis vocatur, eſt angulus AQT, quem in centro ſideris efficiunt rectæ AQ, & TQ, ex oculo A, & ex centro terræ T, ad ſideris centrum Q, ductæ. Parallaxis *altitudinis* quæ & parallaxis *ſimpliciter* dicitur, eſt differentia inter diſtantiam ZV, a zenith Z, ex loco A, viſam, & diſtantiam veram ZS, ſive eſt arcus SV, in circulo verticali ZSVH; quare manifeſtum eſt altitudinem ſideris veram per parallaxim minui & ejus a vertice diſtantiam augeri. Parallaxis *horizontalis* eſt parallaxis Xh, ſideris P, in horizonte ſenſibili Ah, apparentis. Evidens autem eſt arcum SV eſſe menſuram anguli parallactici AQT. Etenim jungatur TV, erit angulus externus AQT,

aqua-

æqualis duobus internis oppositis QTV & QVT; sed angulus QVT, sive AVT, evanescente AT, respectu TV, nullus est, ergo angulus parallacticus AQT æqualis est angulo QTV, seu STV cujus mensura est arcus SV.

Manente sideris a centro terræ distantia, sinus parallaxeos est ad sinum distantiæ visæ sideris a vertice, in ratione data semidiametri telluris ad distantiam sideris a centro terræ. Nam in triangulo AQT, est AT ad QT in ratione sinus anguli parallactici AQT, seu sinus parallaxeos ad sinum anguli TAQ, sive ad sinum distantiæ visæ ZV, a vertice, & ideo datis AT, & QT, data est ratio sinuum illorum. Hinc patet sideris in vertice Z, constituti parallaxim esse nullam, eandem crescere cum distantia a vertice & in horizonte fieri maximam. Hinc etiam colligitur sinus parallaxium, in paribus sideris a centro terræ distantiis, esse ut sinus distantiarum visarum a vertice, & ideo si detur parallaxis sideris in aliqua a vertice distantia, dabitur in alia quavis distantia a vertice.

Data sideris Q, parallaxi AQT, cum angulo ZAV, seu distantia apparente a vertice, datur in semidiametris terræ, tum distantia QT, sideris Q, a centro terræ, tum distantia ejus AQ, a loco A. Dato enim angulo ZAQ, datur TAQ, complementum illius ad duos rectos; unde ob datum etiam angulum TAQ, dantur tres anguli trianguli QAT, ac proinde datur ratio laterum inter se. Hinc data sideris P, parallaxi horizontali; si inferatur: ut sinus parallaxeos ad sinum totum, ita semidiameter telluris AT, ad quartum, obtinebitur distantia PT, sideris a centro terræ ob angulum TAP, rectum.

Tan-

Tandem ſinus parallaxeon ſiderum Q, q, in æqualibus diſtantiis apparentibus a vertice, ſunt in ratione reciproca diſtantiarum ſiderum a centro terræ. Etenim ut ſinus parallaxeos AQT, ad ſinum anguli ZAV, ita eſt AT ad QT; & ut ſinus anguli ZAV, ad ſinum parallaxeos AqT, ita qT, ad AT, ideoque ex æquo ſinus parallaxeos AQT eſt ad ſinum parallaxeos AqT, ut qT ad QT. Hinc patet ſiderum in eadem altitudine apparente exiſtentium, illud habere majorem parallaxim quod minus diſtat a centro terræ. Porro hujus doctrinæ frequens recurret uſus in Phyſices progreſſu.

ARTICULUS II.

De variis mundani ſyſtematis hypotheſibus.

I. CÆteras inter hypotheſes quæ ad explicanda cæleſtium corporum phænomena inventæ ſunt, illa prior nobis occurrit quæ *Ptolemaica* dici ſolet, non quod veterum Aſtronomorum facile princeps Ptolomeus omnia docuerit quæ de illa hypotheſi exponi ſolent, ſed quia ab illo præcipuum veluti lumen ac nomen ipſum accepit.

In mundi centro immobilis terra ſtatuitur. Hanc diverſæ, ordine ſuo, ambiunt ſphæræ; prima eſt *Lunæ*, poſt hanc *Mercurii*, deinde *Veneris*, tum *Solis*, dein *Martis*, poſtea *Jovis* ac tandem *Saturni*. Prædictas ſphæras complectitur fixarum ſphæra quam *firmamentum* appellant. Fixarum orbem ampleċtuntur cæli duos quos *cryſtallinos* vocant; horum primum dicitur *ſphæra nona*, alterum vero *decima*, ſequitur tandem & cælum undecimum quod

pri-

primum mobile vocatur. Duodecimum cælum addiderunt alii quod *Empyræum* dixerunt & in quo Beatorum Sedem constituebant. Jam vero in hypothesi Ptolemaica diurnus siderum & planetarum omnium motus ex ortu in occasum a primo mobili omnibus cælis inferioribus imprimitur; motus autem proprius siderum ab occidente in orientem a firmamento vel sidereo cælo producitur; singulorum vero planetarum motus ab occidente in orientem a proprio cælo oritur, ita ut horum omnium periodus illo temporis spatio absolvatur, quod ex astronomicis observationibus in planetis singulis definitur. Duos cælos crystallinos in astronomiam invexit Alphonsus Rex Castiliæ Astronomicarum rerum peritissimus. Primo crystallino tribuebatur motus quem *librationis* motum appellant; ad explicandum scilicet motum quo stellæ fixæ 70. annorum spatio, uno circiter gradu versus orientem progredi videntur. Alteri autem crystallino tribuebatur *trepidationis*, quem dicunt, motus, ad explicandum nempe motum quo sphæra cælestis ab uno polo ad alterum, quasdam veluti oscillationes absolvere credebatur.

Explicandæ supererant variæ planetarum a terra distantiæ, illorumque retrogradationes ac stationes. Planetas in circulis terræ excentricis revolvi ponebant veteres Astronomi, atque ita facili negotio diversas a terra planetarum distantias expediebant. Ut autem afferrent rationem cur planetæ modo *directi*, modo *retrogradi*, aliquando *stationarii* appareant, in ipsa circuli excentrici circumferentia revolvi intelligebant circuli minoris centrum, hunc vero minorem circulum appellarunt *Epicyclum*; circulum autem excentricum vocabant *deferentem*. Jam fingatur circulum deferentem

tem illiusque Epicyclum moveri motu uniformi ab occidente in orientem secundum ordinem signorum, & utrumque circulum circa proprium centrum eodem tempore revolvi; spectator in centro *deferentis* collocatus, hunc circulum moveri videbit secundum ordinem signorum; at eidem spectatori Epicyclus moveri non apparebit secundum hanc directionem, nisi in parte superiori *deferentis*, in parte autem inferiori motu apparenti videbitur progredi contra signorum ordinem. Id quidem ex ipsa spectatoris positione respectu Epicycli facile colligitur. Præterea cum motus directus Epicycli in retrogradum habeat, mutationem hanc per gradus fieri manifestum est, ac proinde *deferentis* motu manente uniformi, ipsum Epicycli motum variabilem apparere necessum est. Ut autem rei totius distincta notio habeatur, per centrum circuli deferentis seu oculum spectatoris, & per ipsum epicycli centrum ducta intelligatur recta ad superiorem epicycli circumferentiam terminata; punctum rectæ superius designabit majorem a terra distantiam seu *apogæum*, ut vocant, punctum autem inferius distantiam minorem seu *perigæum*. Diameter Epicycli ad hanc rectam perpendicularis hunc dividet in duas partes æquales, superiorem & inferiorem. In puncto Apogæi motus apparet directus, qualis revera est; & velocitas *apparens* non differt a velocitate vera, seu *reali*. In sequente circuli quadrante, motus quidem manet directus; at velocitas apparens reali velocitate minor est; cum motus directus ad retrogradum vergat. In secundo circuli quadrante motus directus abit in retrogradum, qui motus perpetuo crescit ad totam usque semicircumferentiam, ubi directo motui æqualis fit; in altera semicir-

cum-

cumferentia res ordine inverso peragitur. Evidens autem est stationem denique fieri in transitu e motu directo in retrogradum, vel e retrogado in directum.

In hac hypothesi, eodem tempore moveri ponuntur, tum *deferens*, tum *epicyclus*; ac proinde respectu spectatoris, res perinde se habet ac si epicyclus in circuli *diferentis* immoti peripheria moveretur; quare diversæ circulorum velocitatis nulla ratio habenda est; at in alio quolibet casu motuum compositio considerari debet. Punctum perigæi quod ad planum circuli deferentis pertinet & ad ipsam Epicycli circumferentiam, duplicem admittit motum, unum scilicet qui ex ipso deferente originem habet secundum ordinem Signorum, alterum vero contra Signorum ordinem qui erit directus epicycli motus; hic autem motus ob perigæi motum mutatur in retrogradum. Hinc patet ex Geometria colligi posse varias in *deferente* & *epicyclo* motuum hypotheses quæ recensitis planetarum phænomenis satisfaciant. Quamvis autem hypothesis ptolemaica difficilioribus laboret motuum ambagibus, eam tamen ingeniosissime excogitatam fuisse fatendum est. At negari non potest systema illud in quo Mercurii ac Veneris orbitæ tellurem ambiunt, astronomicis observationibus omnino repugnare. Observatur enim Venerem modo ultra, modo citra Solem revolvi, quod de Mercurio constanter etiam demonstrant observationes astronomicæ. Hinc illud in confesso est apud omnes, Venerem & Mercurium circa solem revolvi, minime vero circa terram, ut fingebat Ptolomæus, ita ut tamen orbita Mercurii ab orbita Veneris contineatur. Præterea Mars aliquando nobis fit sole vicinior; Mars enim perigæus, ex obser-

va-

vationibus astronomicis, telluri proximior apparet quam sol; quod fieri nequaquam posset; cum orbita Martis orbitam Solis contineat. Hæc Mercurii, Veneris & Martis phænomena primis Ptolemaici systematis autoribus ignota fuere.

Neque est quod cælorum soliditatem refellamus; hanc prorsus evertunt Cometæ qui libere ab altissimis circa nos spatiis ad solem delapsi, inde rursus emergunt, atque huc illuc sine certa lege vagantur. Hæc cælorum omnium soliditas, etiamsi diaphaneitas foret maxima, luminis transmissionem ad immensa spatia tandem interciperet. De cælorum substantia nihil definiverat Ptolomeus, solida ne potius, an tenuis haberi debeat. Posteriores quidam Astronomi cælos solidissimos esse voluerunt ut admirabilis motuum cælestium constantia, cælorumque incorruptibilitas salvari possent. At constantes quas observamus motuum cælestium leges, jam breviter explicavimus in Physica generali, & in sequenti capite fusius evolvemus. Quod spectat cælorum incorruptibilitatem, observationibus astronomicis certissimum est, in sole & planetis nasci maculas, variasque accumulari materiæ congeries quæ tandem evanescunt atque dissipantur. Nullum dubium est quin planetæ non secus ac tellus nostra, variis intestinis motibus sint obnoxii, ac proinde etiam frequentissimas mutationes patiantur. Quare generalis materiæ corruptio ad corpora quælibet etiam remotissima extendi debet; cum *motus sit corruptionis & generationis principium*.

II. Aliam mundani systematis hypothesim excogitavit Tycho Braheus Nobilis Danus. Hæc hypothesis quæ ab auctore *Tichonicæ* nomen obtinuit, tellurem in centro universi col-

collocat, circa terram proxime revolvitur Luna, dein Sol, qui, licet moveatur, ipse tamen est centrum motus reliquorum planetarum, ita ut solem statim ambiat orbita Mercurii, postea Veneris, deinde Martis. Tandem post Martem veniunt Jupiter & Saturnus; orbitæ Martis, Jovis & Saturni terram continent atque orbitam Lunæ; sed orbitæ Veneris & Mercurii terram lunæque orbitam perpetuo excludunt; Martis vero orbita ita solem terramque complectitur ut illius orbita orbitam solis intersecet, nempe Mars aliquando terræ proximior est quam sit ipse sol; omnium tandem planetarum orbitas fixarum sphæra complectitur; hæc autem sphæra non ponitur immobilis, sed duplici agitur motu, uno scilicet quo circa tellurem ab ortu in occasum fertur tempore 24 hor., altero autem quo lentissime progreditur ab occasu in ortum sub Zodiaco tempore 25000 annorum. Itaque in hypothesi Tichonica, Sidera, Sol, & Luna circa terram 24 horarum spatio simul cum cæteris planetis ex ortu in occasum feruntur. Hoc autem a Tichonicis ita exponi solet, ut Luna quidem, Sol & Sidera secundum Zodiacum lenta periodo ex occasu in ortum moveantur; interim tamen singulis diebus circa terram ex ortu in occasum circulos æquatori parallelos describant. Dum vero sol circa terram 24 horarum spatio convertitur, planetas omnes secum circumvehit & abducit, ut ipsi quoque eodem tempore circa terram circulos excentricos peragere videantur; atque ita quidem diurnus Siderum & planetarum omnium motus circa tellurem & propius circa Solem & terram ipsam, inæqualis etiam magnitudo vel distantia planetarum a terra in hac hypothesi explicantur.

tur. Sed explicandum adhuc supererat qua ratione directiones, stationes, retrogradationes planetarum fierent, & cætera sequerentur phænomena quæ in planetis deprehenduntur.

Itaque cum animadverteret superioris sæculi decus Joannes Keplerus duplicem motum in hac hypothesi planetis concedi, alterum quidem quo circa terram abducerentur a Sole, alium vero quo interim certa quadam periodo circa solem moverentur, ex utroque motu, *abductionis* a sole circa terram, & *conversionis* circa solem, tertium motum instar spiralis componi demonstravit. Jam tellus in centro T, posita sit (Fig. 29.) circa quam moveatur sol in circulo ABCD, secumque abripiat Jovem circa terram, dum ille interim lentiori motu circa solem movetur; si Jupiter ex F, tendat in G celerius moveri videbitur juxta signorum ordinem; cum duplici motu, proprio nimirum & alio quo a sole abripitur, versus eandem partem feratur, ideoque *directus* vocabitur. Si ex G in H vel ex I in G moveatur, *stationarius* dicetur, quod ibi fere quiescat & sub eodem firmamenti loco appareat; Si denique ex H moveatur in I, *retrogradus* erit; videbitur enim ex ortu in occasum regredi. Cum itaque singulis annis unicam convolutionem vel spiræ partem, planetæ circa solem describant, neque tamen integram periodum suam circa ipsum vel circa terram singulis annis perficiant, necessum est ut integra spira quæ circa solem a Jove describitur, paucioribus convolutionibus componatur, spira autem Saturni pluribus, & ita de aliis planetis. Quare frequentiores esse debent retrogradationes in Jove quam in Marte, & in Saturno quam in Jove.

Hæc

Hæc quidem hypothesis cum phænomenis quæ ad siderum motum, distantiam, magnitudinem pertinent, satis feliciter consentit; at communis est opinio illam a Physicæ legibus abhorrere. Tichonicum sistema prorsus evertere videntur incredibiles illi motus omnino oppositi qui eidem corpori conceduntur, Soli, nimirum, Lunæ & fixis sideribus, ut diurno motu circa tellurem ex ortu in occasum ferantur, eodemque tempore certa periodo juxta zodiaci obliquitatem ex occasu in ortum progrediantur. Hinc factum est ut systema Tichonicum temperare satius existimaverint nonnulli, motum diurnum circa proprium axem telluri tribuendo, dummodo tamen nihil amplius de annuo telluris motu quæreretur. Verum an systema Tichonicum accuratiori Physicæ satisfaciat, definiri non potest, nisi antea motuum cælestium causas explicare aggrediamur, quod quidem præstabimus in capite sequenti.

III. Ab antiquissimis temporibus jam innotuerat systema aliud quod solem veluti centrum universi constituebat, planetasque omnes, ne terra quidem excepta, mobiles circa solem ponebat. Quidquid sit de prima hujus hypotheseos origine quæ certe antiquissima est, hanc excoluit Pythagoras, unde systema *Pythagoricum* fuit appellatum. Hæc hypothesis ab Aristotelis usque temporibus fere omnino obsoleverat, cum litterarum & dignitatis splendore celebris Nicolaus Cusanus S. R. E. Cardinalis illam instaurare cæpit. Eam deinde rudiorem adhuc & imperfectam Nicolaus Copernicus Torunensis & Varmiensis Ecclesiæ in Polonia Canonicus, indefesso 30 annorum studio ita illustravit atque auxit, omnique observationum genere perfecit, ut jure merito-

toque hæc ab illo nomen acceperit. Hanc Copernicus ipse Romæ innumeris fere auditoribus qui ultra duo millia confluere ad ipsum solebant, exposuit, & Paulo III. Pontifici Maximo dicavit. At nondum comparata fuerat hypothesis Copernicana cum plurimis Sacræ Scripturæ testimoniis quæ tellurem immobilem adstruunt. Sic Ecclesiastis cap. 1. v. 40. legitur: *Generatio advenit, generatio præterit, terra autem in æternum stat*. Psalm. 103: *Qui fundavit terram super stabilitatem suam, non inclinabitur in sæculum sæculi*. Quod vero sidera atque præsertim sol ipse circa terram immobilem moveatur, celebre illud imperium Josue testatur cap. 10. Jos. v. 13. *Sol contra Gabaon ne movearis . . . . stetitque sol*. Non desunt tamen Interpretes qui liberius respondent allata S. Scripturæ testimonia non maximam vim habere; cum Scriptores Sacri sæpissime juxta communem hominum opinionem & ad captum vulgi loquantur: *Moyses rudi populo condescendens sequutus est quod sensibiliter apparet*: inquit S. Thom. 1. part. quæst. 70. art. 1. ad 3. At Sacræ Scripturæ sensum explicarunt S. R. E. Cardinales fidei Inquisitores a quibus damnata fuit hypothesis Copernicana sub Paulo V. an. 1616. atque iterum sub Urbano VIII. an. 1633., eamque Galilæus solemniter velut erroneam sacrisque litteris contrariam ejuravit; licebit tamen Copernicanum systema usurpare tanquam hypothesim quæ sine ullis excentricorum orbium & epicyclorum ambagibus phænomena cælestia facilius explicat. Copernicanam hypothesim qualis ab ipso Copernico tradita fuit, hic juvabit exponere; cætera autem quæ ad accuratius explicandos cælestes motus illorumque causam investigandam addidit Nevvtonus mi-

mira ingenii ſagacitate, fuſe poſtea declarabimus.

Sol veluti centrum univerſi in medio collocatur. Circa ipſum Mercurius trium fere menſium ſpatio convertitur. Deinde ſequitur Venus octo menſium periodo circa ſolem revolvens, tum orbis ille magnus quem annuo motu circa ſolem peragit terra. Hunc excipit cælum Martis qui duobus annis movetur. Hoc ſequitur cælum Jovis qui duodecim annorum ſpatio periodum ſuam abſolvit. Omnium denique planetarum ſupremus Saturnus triginta annorum ſpatio circulum peragit. Poſtremo ſidera fixa prorſus immota quieſcunt, etſi circa ſolem ipſum lento motu progredi videantur, ut 36000 annis integram periodum abſolvant. Quemadmodum vero Luna non circa Solem, ſed circa tellurem ipſam intra menſem movetur, ita quoque ſatellites aut lunulæ quatuor Jovem motibus ſuis coronant & quinque Saturnum. Cum vero cæteri planetæ unico motu ex occaſu in ortum, juxta Copernicum, moverentur, triplicem in ſola tellure diſtinguebat motum; *diurnum* nempe circa ſeipſam vel proprium axem, *annuum* per eclipticam circa ſolem, & motum *paralleliſmi* vel *inclinationis* juxta quem axis terræ ſibi conſtanter parallelus eandem ſemper cæli partem reſpiciat; non diſſimili fere ratione qua globus aliquis ita ſuper planum rotari aut etiam ſupra curvam rotæ ſuperficiem circumduci poteſt, ut interim circa ſeipſum moveatur & axem ſemper ſibimetipſi parallelum retineat. Hypotheſim copernicanam eo loci breviter propoſuiſſe ſatis ſit. Cæterum patet ſyſtema Tichonicum ex copernicano & ptolemaico eſſe conflatum; ſeu potius eſſe ſyſtema copernicanum, ut ita dicam, *in-*

ver-

versum. Jam nonnulla cæleſtium motuum phænomena in ſyſtemate Copernicano exponamus, ut ſyſtematum facilitatem inter ſe conferre liceat.

Cum terra perenni & æquabili motu ex occidente in orientem ſpatio 24. horarum circa ſeipſam rotatur, ſidera, Sol & cæteri planetæ ex notiſſimis Opticæ legibus diurno motu ferri videntur ex ortu in occaſum. Planetæ tamen ſinguli proprio motu atque inæquali periodo ex occaſu in ortum circa ſolem feruntur, ſi ſolem exceperis, qui licet immobilis in univerſi medio perſeveret, annua tamen periodo circa tellurem converti videtur. Si quidem terra, dum circa proprium axem movetur, tardiori etiam motu per orbem magnum ſive zodiacum ſenſim progreditur juxta ſignorum ſeriem, vel ex occaſu in ortum ut unicum fere gradum ſingulis diebus, omnemque periodum unius anni ſpatio conficiat; hinc nobis apparet ſolem per eadem ſigna moveri, hac tamen lege ut cum terra in aliquo ſigno reperitur, E. G. *Ariete*, ſol in oppoſito ſigno *Libræ* videatur; cum terra in *Cancro* moratur, Sol *Capricornum* occupet. Deinde vero cum terra circa Solem annua periodo revolvens, modo accedat, modo recedat a planetis, debent illi modo majores, modo minores, modo proximiores, modo remotiores videri.

Planetarum ſtationes, directiones & retrogradationes mira facilitate explicantur. Circa ſolem S, in centro poſitum (Fig. 30.) deſcribatur circulus ABCD, quem annuo motu terra percurrit, ſitque EFG circulus alter quem aliquis planeta ſuperior, puta Saturnus, motu proprio peragit. Si terra ponatur in A, Saturnus apparebit ſub aliquo puncto vel ſi-

dere firmamenti in M; Si autem terra progrediatur in B & C, Saturnus apparebit in N & O. Quare moveri videbitur planeta ex oriente in occidentem & *retrogradus* vocabitur. Si vero terra ex C, descendat in D, planeta sub eodem firmamenti loco consistere ac quiescere videbitur, unde *stationarius* dicetur. Quandiu vero terra ex C, in D & A movebitur, planeta ejusque locus in firmamento progredietur ex O in N & M juxta signorum seriem, unde *directus* appellabitur.

Ex his intelligitur frequentiores esse retrogradationes in Saturno quam Jove, & in Jove quam Marte; sive quo planeta remotior a tellure fuerit tardiorique motu in orbita propria feratur, eo citius redire debent ipsius retrogradationes. Si quidem terra quæ proprio motu retrogradationes illas producit, ubi ab aliquo planeta digressa fuerit, atque integram periodum suam circa solem confecerit, citius planetam illum qui tardior fuerit assequetur, ut ille iterum retrogradus videatur. Quod ut illustrius intelligatur, observare juvat dimidiam retrogradationis partem in aliquo planeta tunc peractam esse, cum terra eidem planetæ conjuncta fuerit, sive inter planetam ipsum, & solem reperiatur; sic tellus in puncto B, Saturnus in F, esse debet. Itaque dum tellus a puncto B, vel conjunctione digressa integram periodum circa solem peragit, Saturnus etiam in orbita propria movetur, atque a puncto F, versus G per aliquot gradus progreditur; ubi tellus absoluta periodo circa solem ad punctum B, pervenerit, iterum Saturno ibi conjungi non poterit; sed totivem insuper gradus in orbe proprio debet percurrere quot a Saturno in orbita propria peracti fuerint, ut illi iterum conjungatur, ideo-

ideoque Saturnus dimidiam novæ retrogradationis partem peregisse videatur. Itaque quo plures gradus a planeta in orbita peracti fuerint, sive quo celerior sit planeta, eo tardius planetam terra assequetur, ut illi conjuncta ipsum rursus efficiat retrogradum. Quo vero tardior planeta fuerit minoremque graduum numerum in orbita propria descripserit, citius illi iterum conjungetur terra, ipsumque citius retrogradum efficiet. Cum igitur planetæ quo superiores fuerint atque a tellure remotiores, eo etiam tardiores sint, frequentiores in illis quam in inferioribus retrogradationes contingent. Evidens etiam est superiores planetas retrogrados fieri, cum inter illos & solem tellus excurrit, dum nempe soli opponuntur, sicut vicissim semper directi esse debent, dum inter illos ac terram sol reperitur, dum nempe planetæ cum sole conjunguntur.

Eadem omnino ratio adhiberi facile poterit in inferioribus quoque planetis Mercurio, & Venere; qui cum celerius periodum suam circa solem perficiant, inter solem, & terram ipsam aliquando reperiuntur; unde directi, retrogradi, & stationarii videbuntur. Hæc leviter duntaxat attigisse satis sit; cæterum ex data telluris, & planetarum theoria, Geometris difficile non est puncta *stationum* definire. Mirum autem est quam præclare Astronomorum calculis respondeant observationes.

Ex solo telluris motu facile colliguntur explicata in articulo præcedenti sphæræ elementa. Dimidia telluris pars radiis solaribus exposita, semper illuminatur; pars autem altera a sole aversa umbræ immergitur. Verum quidem non est accurate integrum telluris hemisphaerium a sole illustrari: sed, ob magnam

ſolis a tellure diſtantiam, pars terræ illuminata ita parum differt ab hemiſpherio ut ſine errore velut hemiſpherium haberi poſſit. Itaque circulus qui dimidiam terreſtris ſuperficiei partem ab altera dirimit, luciſque & umbræ confinia terminat, atque ideo *lucis & umbræ terminator* dicitur, pro circulo terræ maximo haberi poteſt. Si locus aliquis ſuperficiei terreſtris in parte illuminata revolvatur, huic loco *Dies* eſt; contra autem *Nox* eſt, ſi revolvatur in parte obſcura. Motus diurnus ab occidente in orientem peragitur; & in loco aliquo dato ſol oritur, ubi locus ille lucis & umbræ terminum, verſus occidentem attingit, contra autem ſol occidit ubi locus ad eundem terminum verſus orientem pertingit. Punctum in quo linea recta telluris, & ſolis centra conjungens ſuperficiei terreſtri occurrit, ſolem habere dicitur in zenith, qui proinde eſt polus ſeu medium hemiſpherii illuminati punctum. Circulus motu annuo telluris deſcriptus, eſt Ecliptica; quia vero axis terræ ad hujus circuli planum obliquus eſt, æquatorem ſecat (ſub angulo nempe 23°. 29'.); duo interſectionum puncta, *æquinoctialia* appellantur, in quibus ſol apparet, dum axis terræ ad rectam centra ſolis, & terræ jungentem perpendicularis eſt. Puncta *ſolſtitialia* dicuntur quæ a præcedentibus diſtant 90°, & in iis ſol apparet ubi maxime verſus polos declinat. Cum autem æquator ſit circulus maximus quem proinde circulus maximus *lucis* & *umbræ terminator* in duas partes æquales dividit, dies ſub æquatore nocti perpetuo æqualis eſt. Evidens eſt, ſole verſus borealem æquatoris partem apparente, polum borealem eſſe in hemiſpherio illuminato, ac proinde ibi futuram diem ab æquinoctio vernali uſque ad æquinoctium au-

autumnale; contrarium autem accidet polo meridionali. Si locus aliquis ad eam positus sit æquatoris partem versus quam cadit recta solis & terræ centra conjungens, locus ille majorem habet paralleli partem in hemispherio illuminato, ac proinde hujus loci incolis dies sunt noctibus longiores; sed contrarium experiuntur incolæ in opposita æquatoris parte quibus nox est die longior. Sed hæc omnia fusius explicabimus in Geographia, ubi etiam alia exponemus phœnomena quæ ex axis terrestris *parallelismo* oriuntur. Interim monere satis erit, axem terrestrem, quamvis ab ipsa terra circumducatur, dum hæc circa solem convertitur, semper tamen sibi ipsi, & axi mundi vel æquatoris manere parallelum. Si telluris axis ad planum eclipticæ normalis esset, coincideret æquatoris planum cum plano Eclipticæ, & circulus *lucis terminator* in eo casu per polos semper transiret, & æquatorem omnesque ejus parallelos in partes æquales secaret, ideoque dies noctibus per totum terrarum orbem perpetuo forent æquales, ut ex dictis evidens est. Verum axis terræ non est ad eclipticæ planum perpendicularis, sed ad illud inclinatur sub angulo $66^\circ \frac{1}{2}$. Si autem planum æquatoris ad cælum usque protendatur, efficiet in cælo circulum quem æquatorem cælestem appellavimus, & hi duo circuli æquator nimirum, & ecliptica angulum constituunt $23^\circ \frac{1}{2}$. Ita vero in sua orbita progreditur tellus ut axem suum retineat sibi semper parallelum; hoc est, si ducatur linea quævis axi in quovis ejus situ parallela, axis ille in omnibus aliis orbitæ suæ punctis eidem lineæ parallelus manebit, nec unquam directionem mutabit, sed versus eandem mundi plagam perpetuo dirigetur. Inde autem hic

breviter observare licet constantes dierum tempestatumque vicissitudines; Hæ enim non aliunde oriuntur quam ex diverso modo quo sol diversis temporibus terram respicit. Cum igitur Copernicana hypothesis modum illum quo terra a sole respicitur, perpetuo conservet, ac solum transferat in terram motum qui in aliis hypothesibus soli conceditur, ita ut terra eadem prorsus velocitate, obliquitate & inclinatione circa solem moveatur, illumque respiciat eodem plane modo quo circa terram sol movebatur, & illam illuminabat, manifestum est eadem manente causa, eosdem quoque manere effectus, sive eadem phœnomena. Verum quamvis parallelismum perpetuo servare debeat axis telluris, minime tamen necessum est ut tertius quidam motus terram exerceat, ut comminiscuntur aliqui. Et quidem, si terra nullo alio motu præter *translationis* motum in orbita sua feratur, evidens est diametrum quamlibet sibi manere parallelam. Jam telluri circa axem rotatio imprimatur, omnes telluris diametri, præter axem, situs suos constanter mutabunt. At axis per rotationem illam e statu suo non turbabitur, ac proinde ut prius sibi semper manebit parallelus. Hinc manifestum est necessarium non esse tertium quemdam motum ut terra axis sui parallelismum conservet; nihil enim aliud requiritur nisi ut prædicti duo motus *translationis* scilicet, & *rotationis* telluri imprimantur. Nam si nullus accedat tertius motus, axis necessario eidem rectæ perpetuo parallelus erit cui antea fuerat. Hæc autem omnia Tironibus demonstrari debent, subjecto illorum oculis terrestri globo ex charta vel metallo, suis circulis rite distincto. Hic autem non consideravimus lentissimam in axis ter-

terrestris *parallelismo* mutationem quam axis *mutationem* dicunt; hanc deinde opportuniori loco exponemus.

ARTICULUS III.

De Sole, & Stellis fixis.

I. Solem stellasque fixas, ut pote quæ sunt corpora ejusdem generis, eodem articulo complectimur. Igneam esse solis substantiam aut igni simillimam demonstrant similes ignis solisque effectus. Observationes circa solare corpus institutæ ostendunt illius superficiem nequaquam esse æqualem, & pacatam, sed veluti mare ignitis fluctibus asperum candentibusque undis crispatum. At præcipue circa solem notandum est in ejus superficie apparere fuligines quasdam seu maculas subnigras, quæ figuras habent irregulares, & inconstantes. Solares maculas primus omnium telescopio detexit Galilæus an. 1610. & eodem fere tempore illas in Germania deprehendit Christophorus Scheinerus. Solares maculæ aliquando plures, aliquando pauciores observantur, interdum nullæ; ita ab anno 1653. ad 1670. vix una aut altera deprehendi potuit, cum plures tamen ingentesque maculæ temporibus aliis fuerint observatæ. Quædam ex illis in Solis superficie repente oriuntur ac veluti erumpunt, & lenta periodo circa solem ab ortu in occasum ita moveri videntur, ut post aliquod temporis spatium nempe dierum 27., ad eandem iterum solis partem vel limbum redire observentur. Itaque cum maculæ plurimæ duas aut tres periodos perfecerint, & quidem singulas 27 dierum intervallo, ex macularum solarium ob-

ſervatione omnino conſtat ſolem circa proprium axem revolvi; atque hac rotatione fit ut maculæ a margine ſolis orientali, medium verſus progredi videantur, deinde ulterius provectæ in oppoſita margine, ſcilicet occidentali, videantur occidere. Ex macularum ſolarium motu demonſtratum omnino eſt axem circa quem vertitur ſol, non eſſe ad orbitæ telluris planum perpendicularem; ſi nempe per centrum ſolis traductus intelligatur axis orbitæ terreſtris, angulum circiter 7° efficiet idem axis cum rotationis ſolaris axe. Itaque æquator ſolis, hoc eſt, circulus qui æqualiter diſtat a duabus axis extremitatibus, vel duobus polis, efficiet cum orbitæ terreſtris plano angulum 7°. Si autem communis planorum illorum interſectio, ad orbitæ terreſtris circumferentiam hinc, & inde producta fingatur; dum tellus ad alterutrum ex illis punctis e diametro oppoſitis perveniet, macularum ſemita apparens in hoc caſu erit linea recta, ut patet, cum oculus ſit in ipſo plano motus; ſed in qualibet alia telluris poſitione, æquator ſolaris ſupra oculum attollitur aut infra illum deprimitur; veſtigia macularum erunt ellipſium quædam ſpecies, quod quidem non ſolum demonſtratione geometrica, ſed etiam obſervationibus aſtronomicis compertum eſt. Cæterum quamvis tota macularum periodus ſpatio 27 dierum abſolvatur, non tamen hoc ipſo tempore perficitur ſolis circa axem rotatio quæ calculo aſtronomico definitur dierum 25 $\frac{1}{2}$. Et quidem macularum ſolarium motus apparens componitur ex motu vero ipſius ſolis circa axem, & ex motu axis ſolis circa axem eclypticæ; qui quidem duo axes anni unius intervallo eandem ſervant mutuam inclinationem 7° circiter. Quare ad definiendam

dam rotationem ſolis circa axem, hujus quoque poſterioris motus ratio habenda eſt. Verum hæc pauca monuiſſe ſatis ſit; neque enim univerſam, data opera, tractamus Aſtronomiam, ſed ea tantum ſeligimus quæ ad Phyſicam proprio jure pertinent, & harum inſtitutionum facilitati atque brevitati ſunt accommodata.

In iis quæ de ſolis rotatione diximus, ponitur maculas corpori ſolari adhærere, quod quidem negarunt nonnulli qui exiſtimant ſolares maculas ab ipſo ſole aliquantulum diſtare illaſque circa ſolem revolvi ad modum ſatellitum Jovis; ſed facile refellitur hæc opinio; omni enim caret veriſimilitudine maculas illas quæ ſine ulla conſtanti lege naſcuntur & diſſolvuntur, tam regulari motu revolvi, niſi ab ipſo ſole certa periodo abripiantur. Cæterum quæ de macularum illarum natura, & de ipſa ſolis ſubſtantia a Phyſicis dici ſolent, incerta omnino ſunt, neque iis diutius immorandum putamus.

II. Antequam de ſtellis fixis quidquam ſtatuamus, immenſam eſſe illarum a terra diſtantiam pro certo haberi debet. Etenim nullam in ſtellis fixis parallaxim demonſtare hactenus potuerunt ſubtiliſſimæ etiam obſervationes; eodem plane modo apparent in remotiſſimis etiam & e diametro oppoſitis orbitæ terreſtris ſeu *orbis magni* punctis, ac proinde orbis magni diameter nullam cum fixarum diſtantia habet proportionem quæ obſervari poſſit, & inſtar puncti ſe habet. Cum autem diameter illa duplæ diſtantiæ ſolis a terra æqualis ſit, hinc immanem ſtellarum a terra diſtantiam judicare licet. Et requidem ipſa ſtellarum magnitudo diverſis anni temporibus eadem apparet, atque etiam invariabilis omni-

no obſervatur mutua ſtellarum diſtantia, quamvis terra ad ſtellas aliquas ſex menſium ſpatio per totam orbitæ ſuæ diametrum accedat, ac proinde etiam per eandem diſtantiam ſequentibus aliis ſex menſibus ab iis recedat. Cum ergo in apparenti ſtellarum ſitu nullam variationem deprehendere poſſimus, id manifeſto eſt indicio illas ad ingentem a tellure diſtantiam poſitas eſſe, & rem perinde ſe habere ac ſi terra locum non mutaret. Quamvis autem ſyſtema Copernicanum velut hypotheſim tantum proponamus, hic tamen obiter obſervandum eſt nullius roboris eſſe argumentum, quod ex parallaxeos defectu & ex conſtanti ſtellarum diſtantia apparente adverſus ſyſtema illud objiciunt aliqui; ex dictis enim evidens eſt nihil aliud inde concludi poſſe, niſi maximam ſtellarum diſtantiam, quæ quidem in dubium vocari non poteſt, etiamſi ignota omnino ſit; rem facili exemplo illuſtrabimus; ſi turres duas conſpiciamus in exigua a ſe invicem diſtantia, ſed pluſquam decem mille paſſuum intervallo ab oculis remotas, turrium illarum mutuam diſtantiam & apparentem magnitudinem haud mutatas obſervabimus, ſi unico paſſu accedamus; multo propius nos accedere neceſſum eſt ut mutatio aliqua percipi poſſit. Igitur quamvis terra ad ſtellas nonnullas accedat & ab iis recedat, tantilla tamen eſt differenria, ſi cum ſtellarum diſtantia comparetur, ut omnino evaneſcat, non ſecus ac in exemplo propoſito.

III. Diverſæ obſervantur ſtellarum magnitudines, quæ quidem varietas, ſaltem ex parte, tribui poteſt ipſi diſtantiarum differentiæ, non autem alicui in ipſa reali magnitudine diverſitati. Sed quiquid ſit, recepta eſt apud Aſtronomos ſtellarum in ſeptem magnitudinis claſ-

classes distributio; illas nempe quæ luce præcellunt, stellas vocant *primæ magnitudinis*, deinde *secundæ* quæ paulo minori splendore fulgent, & ita deinceps ad septimum usque ordinem. Licet vero antiquum & vulgatum sit septem tantum esse fixarum classes & magnitudines; non tamen existimandum est unamquamque stellam ad classem aliquam ita accurate referri posse, ut eundem omnino splendorem demonstrent stellæ quæ ad eundem ordinem pertinent; imo tot constituendi sunt magnitudinum ordines quot fere sunt stellæ, & raro admodum duæ cernuntur fixæ ejusdem lucis; atque hinc factum est ut stellas quasdam velut primæ magnitudinis habeant nonnulli Astronomi, quas inter stellas secundæ magnitudinis recensent alii. Verum stellas non tantum magnitudine sua designant Astronomi, sed eas quoque per situm mutuamque positionem in ordinem referunt & in *asterismos* seu *constellationes* distribuunt; itaque *constellationem* vocant plurium stellarum certo ordine dispositarum systema. In his autem constellationibus animantium formas aliarumve rerum imagines finxerunt veteres Astronomi quas recentioribus retinere placuit. Quod spectat apparentem stellarum diametrum, omnem fugit oculorum aciem, quidquid dicant Astronomi nonnulli. Etenim fingamus diametrum apparentem *Sirii* esse 18″ qualem sibi apparuisse affirmant aliqui. Si rectæ duæ ex duabus diametri extremitatibus ad oculum protensæ inermi oculo appareant sub angulo 18″; adhibito telescopio quod ducentis vicibus objectum amplificaret, eadem stella sub angulo 3600″, hoc est, unius gradus sese conspicuam præberet. Quare Sirius telescopio observatus diametrum solari vel lunari diametro duplo majo-

rem exhiberet. At certum eſt Sirium eximio etiam teleſcopio obſervatum, ipſo Marte haud majorem apparere; eſt autem diameter Martis in minima a tellure diſtatia circiter 30''. Quare cum teleſcopium apparentem Sirii diametrum ducenties augeat, quæ tamen diameter eſt 30''; hinc patet oculo inermi diametrum hanc eſſe duntaxat tringinta ſecundorum partem ducenteſimam, hoc eſt, circiter 9''; quæ quidem diameter nulla oculorum acie percipi poteſt. Itaque quod ſtellas fixas ad enormem diſtantiam præclare videamus, id tribuendum eſt aſcititiis ſtellarum radiis quibus teleſcopiorum ope exuuntur; id autem vulgaris lucis exemplo illuſtrabimus. Experientia notum eſt candelam accenſam in diſtantia ſex milliarium ſub angulo ſatis magno, noctu pulchre lucere. At ſi interdiu aliud quodlibet objectum ejuſdem magnitudinis ad eandem diſtantiam contemplemur, oculis ſeſe omnino ſubducet. Hujus quidem phœnomeni ratio eſt quod corpora lucida radios undequaque emittant longe vividiores, quam faciant corpora non lucida ex quibus emanant languidiores radii & reflexione debilitati. Itaque lux vividior retinæ fibras vi longe majori percellit, atque inde fit ut lucida corpora juſto majora errore optico judicemus.

IV. Ingentem & fere immenſam ſtellarum multitudinem admirabitur qui teleſcopio cælum voluerit contemplari. In catalogo Flamſtedii longe ampliſſimo numerantur ſuoque loco accurate notantur ſtellæ ter mille, ſed minima omnino & fere nulla pars eſt infiniti propemodum ſtellarum numeri quibus exornatur cæleſtis fornicis majeſtas, admirandum plane divinumque ſpectaculum. Mutationes aliquas in ſtellis obſervarunt Aſtronomi; perierunt ſtel-

læ plures a veteribus notatæ, novæ renaſcuntur, ipſæ etiam aliquando perituræ; ſtellæ quædam extinguuntur & poſt certam periodum rurſus reſplendent. Inter ſtellas illas maxime celebris eſt quæ in *collo ceti* videtur; hæc octo vel novem anni menſibus evaneſcit, reliquis quatuor vel tribus menſibus varia magnitudine ſe videndam præbet; neque ſingulis annis eandem obtinet magnitudinem; quandoque ſecundi ordinis fixas ſuperat, aliquando in tertio ordine vix conſiſtere videtur, nec eodem ſemper temporis ſpatio ſui copiam facit; nam ſæpe non ultra tres menſes, ſæpe etiam per quatuor integros & amplius conſpicitur, neque æquis temporum intervallis incrementa ſumit. Præterea ex Aſtronomorum obſervationibus conſtat ſæpius novas aliquas prius latentes emicuiſſe ſtellas quæ per aliquod tempus inſignes & maxime conſpicuæ apparuere, ſed deinde paulatim decreſcentes, tandem evanuere quaſi extinctæ. Ex his ſtellarum mutationibus factum eſt ut ſuſpicati ſint aliqui in ſtellarum illarum ſuperficie generari craſſiores maculas quæ primum aliqua ex parte, deinde totam ſtellam tegunt & tandem diſſipantur. Verum hæc opinio omni caret veriſimilitudine; creditu enim difficile eſt maculas illas conſtanti periodo naſci atque diſſipari. Præterea ſuis quoque maculis obnoxiæ eſſent ſtellæ omnes aliæ. Igitur longe probabilius conjectatur clariſs. D. dè Maupertuis in opuſculo de figura aſtrorum, magis attenuata & compreſſa eſſe aliquarum ſtellarum corpora. Hinc fit ut dum ſtellæ illæ circa axem convertuntur, pro majori vel minori reſpectu terræ inclinatione, majorem vel minorem oſtendant diſci ſui partem. Hinc pro varia rotationis periodo, certa lege mutatio-

tatio-

tationes varias ſubire videbitur ſtellarum illarum lux, imo extingui omnino, deinde ad priſtinum ſplendorem per gradus reditura. Verum hæ ſunt probabiles quidem, ſed meræ tamen conjecturæ.

Quamvis de ſtellarum natura, ob immenſam illarum diſtantiam, judicium ferre vix liceat, certum tamen eſt ſtellas eſſe totidem ſoles qui proprio fulgent lumine. Etenim ſtellæ a nobis longe remotiores ſunt quam Saturnus; ipſo Saturno licet minores appareant, longe tamen ſplendidius refulgent; ſtellæ igitur ex ſole, quemadmodum faciunt planetæ, lucem ſuam mutuari non poſſunt. Verum nullus alius, præter ſolem, cognitus eſt fons ex quo lumen ſuum haurire poſſint; propria igitur ſplendent luce ac proinde velut ſoles haberi debent. Quæ cum ita ſint, vix credibile eſt Deum tot ſoles in remotiſſimis locis ſolitarie locaſſe, nullaque proximiora iis adjunxiſſe corpora quæ horum luce & calore foveantur. Cum enim Deus ſapientiſſimus nihil fruſtra creaverit, probabiliſſimum eſt ſolem unumquemque ſuo quoque planetarum agmine adornari qui circa hos ſoles, diverſis periodis, ad diverſas diſtantias, lunis quoque ſuis ſtipati revolvuntur

V. Duplicem eſſe ſtellarum motum jam antea generatim obſervavimus, unum nempe diurnum quo fixæ ab ortu in occaſum ſingulis 24 horis moveri videntur in circulis æquatori parallelis; alter autem eſt motus quo circa polos eclipticæ ſecundum ordinem ſignorum ferri videntur lentiſſime, ita ut 71 vel 72 annorum ſpatio unicum circuli ſui gradum deſcribant, hoc eſt, 51″ ſingulis annis. Hunc duplicem motum apparentem eſſe duntaxat tuentur Copernicani; primam motus ſpeciem jam

jam satis explicavimus, motum alterum nunc exponemus. Si veteres observationes cum recentioribus comparentur, eandem stellarum latitudinem sive distantiam ab ecliptica nullatenus mutatam deprehendemus; seclusa tamen exigua variatione quæ ex axis terrestris mutatione minima oritur. At longitudinem suam stellæ mutare deprehenduntur; ita longitudo stellæ quæ *cor Leonis* appellatur, Ptolomei temporibus an. 138 erat 2°. 3″; Flamstedius an. 1690. ejusdem stellæ longitudinem invenit 25°. 31′ 20″. Collatis autem intermediis observationibus plurimis, annuum longitudinis incrementum colligitur 5″. Itaque ponamus stellam aliquam dato aliquo tempore in eclipticæ & æquatoris intersectione locatam esse, post 100. annos stella ista versus orientem promovetur longitudine 1°. 23′ circiter; hæc stella adhuc quidem manebit in ecliptica, sed extra æquatorem. Igitur stella cum versus orientem progrediatur, eclipticæ & æquatoris intersectionem præcedit, quæ proinde intersectio versus occidentem respectu stellæ constituitur. Quare sol ad eclipticæ & æquatoris intersectionem pertingit ideoque æquinoctium celebrat, antequam perveniat ad stellam in qua æquinoctium centum ante annos contigerat. Hæc anticipatio vocari solet *præcessio æquinoctiorum*; evidens autem est hanc præcessionem in punctis solstitialibus locum etiam habere.

In hypothesi Copernicana motus ille est duntaxat *apparens*; rem totam ita explicant. Intelligamus axem diurni motus telluris esse semper inclinatum sub angulo 23° $\frac{1}{2}$ ad planum eclipticæ, quæ est telluris orbita circa solem, vel, quod idem est, ponamus axem æquatoris terrestris efficere angulum 23° $\frac{1}{2}$ cum axe

axe eclipticæ. Jam si axes illi ad stellas usque producti intelligantur, axis unus inter stellas designabit punctum quod erit polus eclipticæ terrestris, alter autem axis designabit punctum 23° ½ remotum quod erit polus nostri æquatoris. Hi duo poli necessario determinant suos circulos a quibus distant 90°, ac proinde notæ sunt stellæ per quas transeunt telluris ecliptica & æquator, ideoque notæ sunt etiam aliarum fixarum ab iisdem circulis distantiæ. Hæc quidem omnia manent omnino immutata. Si terrestris æquatoris axis sibi semper maneat parallelus; neque enim orbis annui magnitudo obstare potest quominus axis ille iisdem cæli punctis per totum annum respondeat & iisdem immineat polis; cum orbis annuus velut punctum respectu immensæ stellarum distantiæ considerari debeat. At ponamus axem illum esse mobilem respectu axis eclipticæ immotum circa quem dato tempore revolvatur, eundem tamen cum ipso angulum servans; tunc axis ille mobilis varios terræ polos in cælo successive designabit, ac proinde æquator terrestris in cœlo perpetuo mutabitur, immutata tamen manente telluris ecliptica cujus axis est immobilis, ac proinde ecliptica per easdem fixas perpetuo transibit, constante manente illius angulo cum æquatore, ideoque nulla erit in stellarum positione variatio respectu eclipticæ, sed tantum respectu æquatoris; quod idem omnino est ac si fixæ circa æquatoris polos revera moverentur. Huc ergo tota redit Copernicana explicatio, ut nempe terrestris æquatoris axis circa axem eclipticæ circulari motu deferatur, eodem manente angulo. Requidem vera axis æquatoris hoc modo moveri non potest, nisi suum parallelismum turbet aliquantulum, quod contrà-

trarium videtur iis quæ de axis terrestris parallelismo jam ante constituimus. Verum de præcessione æquinoctiorum & de axis terrestris nutatione opportunior dicendi locus recurret in Astronomia physica; hæc pauca generatim attigisse nunc satis sit. Cæterum cum immobiles sint stellæ fixæ, earumque positio & mutuus ordo astronomicis observationibus innotescant, hinc patet stellarum usus in Astronomia; nempe ad loca stellarum velut ad puncta fixa & *comparationis terminos*, referendi sunt cælestium corporum motus. Etenim motuum mensuram ex eodem loco habere non possumus, nisi ope angulorum quos spatia percursa in oculo spectatoris efficiunt; quare ad hunc usum adhiberi debent stellæ tanquam puncta lucida in sphæræ concavitate locata, cujus sphæræ radius est indefinitus, centrum autem est oculus spectatoris.

ARTICULUS IV.

De Stellis Erraticis, sive de planetis & cometis.

I. COpernicanam hypothesim explicantes jam diximus in nostri systematis centro positum esse Solem circa quem trium mensium spatio Mercurius revolvitur. Verum an circa proprium axem revolvatur, astronomicis observationibus compertum non est. Hujus planetæ diameter est $\frac{1}{300}$ diametri solis. Illius a Sole distantia maxima est 5137 diametrorum terrestrium, minima autem 3377. Alii deinde planetæ hoc ordine sequuntur. Venus diametrum habet $\frac{1}{100}$ diametri Solis; circa axem

xem revolvitur, horarum ſpatio circiter 24; & circa Solem intervallo menſium ſeptem, dierum 15. Maxima illius a Sole diſtantia eſt 8008 diametrorum terreſtrium, minima autem 7898. Telluris a Sole diſtantia maxima eſt diametrorum 11187, minima autem 10813. Circa proprium axem revolvitur ſpatio 24 horarum, & præterea axis ille motu conico defertur illiuſque revolutio abſolvitur annis 25000. Mars circa ſeipſum rotatur intervallo 25 horarum & circa ſolem duorum annorum ſpatio periodum ſuam abſolvit. Maxima illius a Sole diſtantia eſt 18315 diametrorum terreſtrium, minima autem 15213. Illius diameter eſt $\frac{1}{170}$ diametri ſolaris. Jupiter horarum 10 intervallo circa ſuum axem convertitur, duodecim autem annorum ſpatio circa Solem; ejus diameter eſt $\frac{1}{7}$ diametri ſolaris illiuſque maxima a Sole diſtantia eſt diametrorum terreſtrium 59950, minima autem 54450. Saturnus circa ſolem triginta annorum ſpatio revolvitur; an vero circa axem convertatur, aſtronomicis obſervationibus definitum non eſt. Maxima illius a Sole diſtantia eſt diametrorum terreſtrium 110935, minima autem 98901. Præter illos ſex planetas qui *primarii* appellantur, alii quoque obſervantur minores planetæ qui *ſecundarii* ſeu *ſatellites* dicuntur; hi revolvuntur circa Solem & circa planetas primarios. Ita Luna eſt Satelles terræ; Jupiter habet quatuor Satellites, & Saturnus quinque, ſed de planetis ſecundariis ſermo erit in articulo ſequenti. Aliud eſt planetarum genus qui *cometæ* vocantur; hi autem in orbitis valde excentricis, multumque elongatis ſuas periodos circa Solem abſolvunt; atque hinc fit

ut

ut in exigua duntaxat cursus sui parte sese conspiciendos præbeant. Mirari ergo non debemus quod de cometarum periodis nihil reliquerint veteres Astronomi. Sic tamen vaticinatus est Seneca: *Veniet tempus quo ipsa quæ nunc latent, dies extrahet & longioris ævi diligentia*. Astronomicum illud vaticinium implevit Newtonus qui planetarum legibus ipsos quoque cometas subjici demonstravit. Doctrinam Newtonianam perfecit & incredibili diligentia nuperrime tractavit vir non satis laudandus Clairautius in eximio opusculo: *de Cometarum Theoria*.

II. His de planetarum ordine generatim præmissis, jam qua ratione planetarum cometarumque phænomena innotuerint paulo fusius explicandum est. Quod planetas spectat, Mercurius ac Venus dicuntur planetæ *inferiores* eo quod uterque infra tellurem circa Solem revolvantur; & contraria ratione Mars, Jupiter & Saturnus dicuntur planetæ *superiores*, eo quod supra terram suas periodos absolvant. Mercurius & Venus diversis phasibus non secus ac Luna sunt obnoxii. Pleno orbe modo fulgere videntur, modo autem falcati apparent; per ipsum Solem transire aliquando observantur, & in illius disco maculam nigram atque rotundam pingunt, donec ex ipso solis disco emergant. Inde autem evidens est Mercurium & Venerem esse corpora opaca & reflexo Solis lumine duntaxat fulgere. Etenim si propria splenderent luce, jam in diversis cum sole aspectibus suum retinerent splendorem, nec discum solarem macula nigra inficerent. Suas quoque phases Mars patitur, totus rotundus aliquando observatur, aliquando autem tantisper falcatus. Quare Martem opacum esse eadem ratione concluditur. Quod

Jo-

Jovem & Saturnum attinet, nullas in iis phases deprehendere licet, ob maximam illorum a Sole distantiam qua fit ut eodem fere modo e terra videantur quo viderentur e Sole. Verum cum planetæ illi umbram projiciant Soli oppositam qua fit ut Satellites huic umbræ immersi per vices oculis evanescant & in conspectu redeant; atque etiam cum ipsi Satellites inter planetas primarios & Solem constituti, umbram facile conspicuam in suos planetas emittant, certum omnino est tum planetas, tum Satellites esse corpora opaca.

III. Cum planetæ sint corpora opaca, mirandum non est eos maculis fœdari, quandoquidem splendidissimum corpus solare suis quoque non caret nævis. Jupiter, Mars & Venus, si telescopio spectentur, suas nobis manifestant maculas, ex quarum motu constat planetas illos circa axes rotari, simili prorsus argumento quo solarem vertiginem demonstravimus. Mercurius in solis vicinia perpetuo commorans, solaribus radiis ita absorbetur atque immergitur ut nullas in eo maculas dignoscere liceat; & contraria ratione nullas maculas ostendit Saturnus ob maximam planetæ hujus a Sole distantiam lucemque debiliorem. Probabile tamen est & ex analogia naturæ colligitur Mercurium quoque & Saturnum circa axes suos revolvi. In Jove præter maculas, plures observantur *fasciæ* sibi invicem parallelæ quæ eandem non servant constantem magnitudinem nec easdem distantias; modo crescunt, modo decrescunt, aliquando a se invicem longius recedunt, aliquando accedunt propius & plures una cum maculis mutationes patiuntur.

Saturni figura singularis omnino est; hunc exornat annulus lucidus, formæ ellipticæ cujus

jus axis major constans est & diametri Saturni plusquam duplus; axis autem minor alternis vicibus certaque periodo dilatatur & contrahitur; hinc fit ut annulus ille diversas induat formas atque aliquando etiam omnino evanescat. Ex diversis annuli Saturnii phœnomenis facile intelligitur annulum hunc esse veluti discum tenuissimum qui pro diversa positione, secundum Opticæ leges, diversas debet figuras referre. Talis esse posset hujus annuli positio ut Saturnum coronæ instar cingeret, atque constanti manente hac positione, integra corona semperque lucida fulgeret, non secus ac lucidum perpetuo apparet Saturni hemisphaerium telluri obversum. In hoc casu recta ex oculo sive ex telluris centro ad centrum Saturni ducta, quæ *visualis radius* appellari potest, ad planum annuli perpendicularis foret vel parum inclinata. At Saturni annulus longe aliam positionem habet; illius planum ad *visualem radium* valde inclinatur ita ut magna pars annuli pone Saturni globum semper lateat, altera autem versus apparentem Saturni discum promineat. Itaque annuli partes illæ dumtaxat sunt conspicuæ quæ extra ipsum Saturni globum erumpunt; duæ scilicet oppositæ, similes & æquales annuli portiones, quæ, ob figuram, *ansulæ* solent appellari. Suis ansulis aliquando spoliatus observatur Saturnus totusque rotundus apparet; Ita nempe respectu Solis positus esse potest annulus, ut illius planum productum transeat per centrum Solis. In hoc casu tenuior annuli pars radiis solaribus illustratur; quia vero tanta non est annuli crassities ut oculos nostros possit afficere, annulus oculis sese subducit. In hac positione, dimidio Solis disco illustratur unaquæque oppo-
posi-

posita annuli superficies, & præterea solares radii in superficies illas valde oblique incidunt ac proinde etiam ad oculos nostros oblique reflectuntur. Quare cum reflexio lucis sit valde obliqua & in tanta distantia debilior, conspicuæ esse non possunt ansulæ. Si annulus productus non transeat per centrum Solis, parum tamen distet a centro, res peinde se habebit, donec tandem annulus ad eam perveniat positionem in qua radios sub angulo satis magno excipere possit, atque in hoc casu una dumtaxat annuli superficies illuminabitur, altera manente in umbra. Si annuli superficies illuminata oculo nostro obvertatur, jam conspicuæ fient ansulæ, at si pars obscura ad nos convertatur, ansulæ evanescent & Saturnus apparebit rotundus. Quare patet in definiendis annuli Saturnii phasibus habendam esse rationem positionis annuli respectu Solis & respectu oculi. Si planum annuli transeat per oculum, jam angustior annuli pars versus oculum dirigitur, ac proinde annulus evanescit; mutata autem annuli positione respectu oculi, supra alterutrius superficiei planum attollitur oculus. Si attollatur supra illuminatæ superficiei partem, ansulæ apparent, dummodo tamen radios sub nimia obliquitate oculus non excipiat: Si vero attollatur oculus supra obscuratam superficiem, ansulæ iterum evanescunt. Hæc satis sint de annulo Saturnio quæ ita feliciter inventa sunt, ut pro varia Solis, telluris & Saturni positione, varias annuli Saturnii phases certo prædicere liceat.

IV. Planetarum a terra distantias cum recentioribus Astronomis jam constituimus, qua methodo autem definiri possint distantiæ illæ, explicavimus capite primo ubi de siderum parallaxi. Tota parallaxium doctrina pendet ex con-

conditionibus quinque, scilicet ex distantia oculi a planeta, ex distantia planetæ a centro terræ, ex telluris semidiametro, ex altitudine sideris vera aut apparente, tandem ex angulo parallaxeos. Datis autem tribus conditionibus ex his quinque, aliæ duæ facile inveniuntur, ut patet ex elementis Geom; cum in triangulo parallactico tria data sint ex quibus alia duo colliguntur. Nunc vero exponamus qua ratione investigari possint planetarum a sole distantiæ. Sit S, sol, T, terra (Fig 31.), sitque AVB orbita Veneris quam velut circularem consideramus, & ducatur tangens TV; angulus STV, erit elongatio maxima Veneris a Sole; patet enim in hoc casu omnium maximum esse angulum rectis e terra ad Solem, & ad Venerem ductis comprehensum, quem angulum *elongationem* Veneris appellant. Jam in triangulo rectangulo SVT, erit ST, distantia solis a terra ad SV, distantiam Veneris a sole ut radius ad sinum anguli STV, elongationis a sole quæ observatione nota est. Hæc methodus valet tantum in planetis inferioribus; at in planetis superioribus alia ineunda est via. Si planetæ superiores habeant satellites quales sunt Jupiter & Saturnus, distantia obtinetur hoc modo. Sit I locus Jovis (Fig. 32.) ducatur SI centra Jovis, & solis conjungens, producaturque in M, erit IM, axis umbræ Jovis cujus positio per satellitum eclipses determinatur, ac proinde habetur locus *heliocentricus* Jovis seu e sole visus. Agatur TI centra Jovis, & terræ conjungens, eaque producatur in N, erit N, locus Jovis e terra visus, seu locus *geocentricus*. Angulus NIM vel TIS, est differentia locorum heliocentrici, & geocentrici, observatione autem notus est angulus ITS,

elon-

elongatio Jovis a sole, ac proinde in triangulo TIS, dati sunt anguli omnes, ideoque data est ratio laterum; quare dabitur ratio distantiæ Jovis a sole SI, ad distantiam ST, telluris a sole. Porro sub angulo TIS, videretur e Jove semidiameter ST, orbitæ terrestris, sive quod idem est, angulus TIS, est elongatio terræ a sole qualis videretur spectatori in Jove.

In planeta quolibet superiore adhibetur parallaxis annua ad determinandam planetæ distantiam a Sole. Sit I, planeta quilibet superior, sitque A, locus terræ inter solem, & planetam. Ducatur tangens IT, ad telluris orbitam, planeta I, ad eundem locum referetur ex sole S, & ex tellure in A, visus. At si tellus sit in T, & ibi quiescat, e terra videbitur planeta secundum directionem TI, ac proinde motu retrogrado percurreret arcum qui est mensura anguli TIS, quem nempe orbitæ terrestris semidiameter ST, subtendit in I. Quare, angulo illo per observationem dato, erit illius sinus ad radium ut ST ad SI, sive ut distantia terræ a sole ad distantiam planetæ a sole; verum habenda est ratio motus proprii planetæ, qui quidem motus observatione notus est. Cæterum ex demonstratis evidens est hanc methodum in planetis inferioribus non valere; cum telluris orbita planetarum inferiorum orbes contineat. Porro ob maximam planetarum superiorum a terra distantiam, manifestum est, satis non esse illam adhibere parallaxim quæ ex telluris semidiametro pendet, & quæ vocatur *parallaxis diurna*, basis enim in tanta distantia nimis exigua foret; atque necessarium omnino est confugere ad *parallaxim annuam*, quæ nempe pendet ex terrestris orbitæ semidiametro; Scilicet

licet in parallaxi diurna considerantur stationes duæ, vel spectatores duo, unus in telluris superficie, alter autem in centro. At in parallaxi annua substituuntur spectatores, unus in tellure, alter autem in sole, atque in hoc casu habetur basis satis magna ad quam referri possunt aliæ quælibet in systemate solari distantiæ. Cæterum quæ hactenus diximus valent dumtaxat in orbitarum circularium hypothesi; sed veras planetarum orbitas deinde considerabimus.

V. Demonstrationes præcedentes pendent ex distantia solis a terra; hanc autem distantiam variis methodis quæsiverunt Astronomi. Parallaxium ope inveniri posse distantiam sideris cujusvis a terra jam demonstravimus cap. I. Superest ergo ut paucis explicemus qua ratione investigari possit parallaxis. Si data sint sideris alicujus latitudo, & longitudo, observetur transitus sideris hujus per meridianum, ejusdemque sideris altitudo supra horizontem; præterea inveniatur declinatio sideris, quæ, si fuerit meridionalis, auferatur ex altitudine æquatoris; addatur autem, si fuerit borealis; differentia vel summa erit altitudo sideris vera, quæ corrigatur secundum accuratas refractionum tabulas, altitudo correcta subtrahatur ab altitudine vera, residuum erit parallaxis altitudinis quæsita, ex qua tandem invenitur distantia sideris a terra. Cum autem nimia sit distantia solis a terra, illius parallaxis per observationes immediate satis tuto haberi non potest. Hinc factum est ut parallaxes Martis & Veneris diligenter investigaverint Astronomi; quæ si darentur, solis quoque parallaxis, & distantia non laterent; nam ex theoria telluris, & planetarum datur pro quolibet temporis momento ratio distantiarum solis, &

planetæ a terra; ſunt autem parallaxes horizontales in earumdem diſtantiarum ratione reciproca; quare ſi detur parallaxis planetæ cujuſvis, dabitur quoque parallaxis ſolis. Porro Mars ſoli oppoſitus, ubi nempe terra inter Martem, & ſolem conſtituitur, telluri pluſquam duplo propior eſt quam ſol, ac proinde ejus parallaxis pluſquam duplo major erit; at Venus dum eſt in conjunctione inferiore cum ſole, ubi nempe Venus inter ſolem, & terram verſatur, telluri fere quadruplo vicinior eſt quam ſol ejuſque proinde parallaxis in eadem ratione major erit; quare licet exigua ſolis parallaxis vix obſervari poſſit, Veneris tamen, & Martis duplo vel quadruplo majores parallaxes ſeſe facile conſpicuas præbent. Itaque Mars, & Venus ſunt aſtra omnium aptiſſima ad definiendam parallaxim, ex qua ſolis & planetarum omnium parallaxeos eruere licebit. Interim ex accuratiſſimis obſervationibus Martis ad *promontorium bonæ ſpei* habitis parallaxim ſolis determinavit D. de la Caille ſecundorum $12\frac{1}{2}$. Sed hoc ipſo anno 1761. quo hæc ſcribimus die 6. Junii expectatur tranſitus Veneris ſub ſole ex quo multo certius atque accuratius elici poterit parallaxis ſolis; Verum hujus tranſitus theoriam explicare non eſt hujus loci.

VI. Si omnes ſtellæ quæ in planetæ alicujus ſemita occurrunt, conferantur inter ſe, ternario vel quaternario numero ſumptæ, hæ in linea recta apparent; quod unuſquiſque obſervare facile poterit, tenſo filo, & oculis admoto. Hinc concludet planetæ orbitam jacere in plano circuli maximi ſphæræ; nam ſingula maximorum circulorum plana ſeſe interſecant in centro; at filum tenſum ſimul cum oculo circuli maximi poſitionem determinat: igitur

igitur ſtellæ ſecundum fili directionem obſervatæ ſunt in plano circuli maximi, ac proinde & in plano circuli maximi jacent planetæ. Eadem ratione, facta ſcilicet ſtellarum comparatione, obſervabit orbitarum plana ad ſe invicem parum eſſe inclinata, eaque duodecim zodiaci conſtellationibus contineri, ita ut planetarum orbitæ per zodiaci conſtellationes excurrant; ac proinde orbitæ illæ modo ſeſe interſecant, modo autem a ſe invicem diſcedunt, ſuiſque veſtigiis formant zonam illam quæ *zodiacus* appellatur At ultra ſpatium octo circiter graduum hinc, & inde non recedunt; quare ſi concipiatur circularis faſcia ſexdecim circiter gradus lata, cujus medium tenet Ecliptica, hæc deſignabit in cælo ſpatium in quo planetæ motus ſuos peragunt. Itaque cum planetarum orbitæ in diverſis jaceant planis per centrum ſolis tranſeuntibus, uniuſcujuſque plani interſectio cum plano eclipticæ tranſit etiam per centrum ſolis, ac proinde puncta duo in quibus unaquæque orbita eclipticæ occurrit, ſunt e diametro oppoſita, & 180° diſtant e ſole viſa. Igitur in ſingulis revolutionibus planeta quilibet e ſole viſus dimidiam orbitæ ſuæ partem ſupra planum eclipticæ, alteram vero infra deſcribit. Quia vero ecliptica eſt circulus ſphæræ maximus, cujus planum proinde ſphæram dividit in duo hemiſpheria æqualia, unum boreale, alterum auſtrale, hinc patet unumquemque planetam habere latitudinem borealem, dum borealem orbitæ ſuæ partem deſcribit, alteram vero auſtralem, dum auſtralem partem percurrit. Puncta duo in quibus planetæ orbita ſecat planum eclipticæ, dicuntur planetæ *Nodi*; nodus quidem *aſcendens* vocatur punctum ubi planeta tranſit e latitudine auſtrali ad borealem,

 & con-

& contra punctum ubi transit e latitudine boreali ad australem, nodus *descendens* appellatur; recta autem conjungens duo opposita intersectionum puncta *linea nodorum* dicitur.

VII. Quod cometas spectat, per omnes cæli plagas secundum quamlibet directionem vagantur nullo terminati zodiaco, illorumque motus a planetarum motibus longe differunt. Hac tamen non obstante motuum diversitate, certissimum est cometas inter meteora corporaque sublunaria rejiciendos non esse, quæ fuit Peripateticorum opinio; sed eos certis legibus circa solem planetarum instar revolvi in sequenti conclusione demonstrabimus; atque hinc etiam simul refellitur eorum error qui cometas a planetarum vel solis exhalationibus oriri comminiscuntur.

CONCLUSIO.

COMETÆ NON SUNT CORPORA SUBLUNARIA AUT METEORA, SED CIRCA SOLEM CERTA PERIODO REVOLVUNTUR.

PROB. Cometas aere & luna longe superiores esse demonstrat nulla illorum parallaxis diurna, aut saltem valde exigua. Cometæ ex diversis locis observati eandem a stella aliqua vicina distantiam servare deprehenduntur. Exemplo sit cometa quem Ticho Brahe Uranoburgi, & Hagecius Pragæ in Bohemia eodem temporis puncto observarunt, quæ duo loca sub eodem meridiano distant milliaribus circiter 450; uterque eandem observavit cometæ distantiam a stella quæ *vulturis lucida* appellatur. Hinc concludebant cometam illum carere parallaxi diurna sensibili, quæ cum observetur in luna, & quidem satis magna,

hinc

hinc patet cometam fuiſſe luna longe ſublimiorem. At quemadmodum parallaxeos diurnæ defectus cometas ſupra regiones lunares longe evexit, ſic ex parallaxi orbis annui evincitur cometas in planetarum regiones deſcendere. Etenim cometæ qui progrediuntur ſecundum ordinem ſignorum, ſub exitu apparitionis ſunt omnes aut ſolito tardiores aut retrogradi, ſi terra ſit inter ipſos, & ſolem; aut celeriores, ſi terra vergat ad oppoſitionem, hoc eſt, ſi in conjunctione cum ſole videantur. Et contra cometæ qui pergunt contra ordinem Signorum, ſunt celeriores ſub finem apparitionis, ſi terra verſatur inter ipſos & ſolem; aut tardiores vel retrogradi, ſi terra ad contrarias partes ſita ſit. Hæc eadem phœnomena obſervantur in planetis qui pro motu terræ vel conſpirante vel contrario, nunc retrogradi ſunt, nunc tardius progredi videntur, nunc vero celerius.

Cometas non eſſe corpora ex vaporibus & exhalationibus conflata, hac ratiocinatione oſtendit Nevvtonus. Utitur exemplo cometæ qui an. 1680. obſervatus fuit, cujus minima diſtantia a ſole fuit ad diſtantiam telluris a ſole ut 6 ad 1000. Jam vero calor ſolis decreſcit in ratione diſtantiarum duplicata a ſole; quare ſumptis quadratis, calor ab ipſo cometa admiſſus erit ad calorem æſtivum in telluris ſuperficie ut 1000000 ad 36, vel ut 28000 ad 1. præterea notum eſt experientia calorem aquæ ebullientis eſſe paulo triplo majorem vehementiori calore æſtivo: ponamus autem ferri candentis calorem eſſe ter vel quater aquæ ebullientis calore majorem, hinc concluditur calorem cometæ in minima a ſole diſtantia eſſe bis millies majorem ferri candentis calore. Porro ſi cometæ nihil aliud fo-

rent quam vaporum atque exhalationum congeries, tantam caloris vim sustinere minime potuisset prædictus cometa tam vehementi igne statim dissipandus. Quamvis præcedens demonstratio quæ ex parallaxi desumitur, parem cometarum planetarumque conditionem satis constituere videatur, alia tamen opinionum commenta breviter refellere nostramque demonstrationem fusius confirmare utilissimum erit.

Cometas ex planetarum exhalationibus suam non habere originem facile evincitur. Et quidem etiamsi remotissimi sint, sæpe tamen apparentes diametros habent apparentibus planetarum diametris longe majores; sunt ergo ingentis magnitudinis, & planetas primarios aliquando superant. Præterea cometæ in maxima a planetis distantia fere semper apparere incipiunt; Ecquis autem crediderit cometarum vapores tam longe ab ipsis cometis avelli, & ad tantam distantiam dissipari? Et certe si cometæ suas habent exhalationes, hæ in cometas ipsos vi gravitatis recidere debent atque in iis non secus ac in terra nostra pluvias aliaque meteora producere. Eodem argumento refelluntur qui cometas ex solis exhalationibus enasci fabulantur; cometæ enim in maxima a sole distantia sæpissime apparere incipiunt, ad quam distantiam ascendere repugnat omnino densiores gravioresque vapores. Nihilo solidior est Cartesiana hypothesis. Fingit Cartesius cometas olim ex fixarum numero fuisse; aliquæ scilicet stellæ maculis crustisque obductæ lumen suum amiserunt, penitus extinctæ. Tum fixarum illarum vortices a vorticibus proximis abrepti fuere, atque hinc fixæ ex alio vortice in alium translatæ temere errarunt, donec illarum aliquæ, pro

sua

ſua magnitudine, & ſoliditate, ad orbem uſque Saturni rapi potuerint, in qua diſtantia ſatis magnam radiorum ſolarium copiam excipientes iterum fulgere cæperint. At præterquam quod commentitia vorticum hypotheſis, poſt excultam diligentius ſublimiorem mechanicam, profligata omnino fuerit, merum figmentum eſt nulla ratione innixum prædicta opinio. Nec minus fictitius eſt planeta quem remotiſſimum, & longe ultra Saturnum circa ſolem revolvi ponit Jacobus Bernoullius; Planetam hunc fingit ſuos habere ſatellites qui ubi ad nos propius acceſſerint in orbitæ ſuæ parte inferiore, a ſole magis illuſtrati ſub aſpectu cadant, occulto ſemper manente planeta primario ob immanem illius a terra diſtantiam; ſed hoc fuit merum magni viri in juvenili adhuc ætate *conamen*, ut ipſe fatetur, irritum tamen omnino, quod quidem facile demonſtrat cometarum & planetarum analogia ſumma, magis ac magis in hujus concluſionis progreſſu declaranda.

Cometæ via mechanice in cælis explorari poteſt hoc modo. Obſerventur quotidie ſtellæ quatuor quarum ea ſit poſitio ut cometa reperiatur in concurſu duarum linearum quæ oppoſitas ſtellas jungunt: id autem examinari facile poteſt, ſi filum tenſum oculis admoveatur. Obſervatio quotidie iteretur, & pro ſingulis diebus in globo cæleſti cometæ loca notentur, delineata habebitur via cometæ in cælis, qui deprehendetur eſſe circulus maximus; omnia enim notata puncta in circuli maximi peripheria invenientur. Hinc manifeſtum eſt cometas moveri in plano quod per oculum ſpectatoris, ſeu potius per ſolem tranſit, quemadmodum antea de planetis obſer-

vavimus. Datis autem duobus hujus circuli punctis, dantur ejus inclinatio ad eclipticam ac proinde, & intersectio cum ecliptica, sive nodorum locus, in quo nempe extensum filum secat eclipticam. Porro quamvis cometæ motus fieri videatur in circulo maximo, vera tamen ejus semita multum differt a circulo; omnis quidem motus qui in plano per oculum transeunte peragitur, fieri videtur in circulo maximo, quæcumque sit semita. At cometarum orbitam circularem non esse manifestum est; etenim cometæ fere semper conspicui essent, ut sunt planetæ. Quoniam vero cometæ brevi tempore apparent, & diutissime latent, oportet ut exigua omnino sit illorum orbitæ pars soli nobisque proxima, reliquo omni arcu longissime recedente; sed de cometarum orbita sermo erit in sequenti capite. Interim ex observationibus colligitur cometarum orbitas neque esse lineas rectas neque curvas versus solem convexas. Etenim cometæ aliqui toto apparitionis suæ cursu describere observantur arcum cælestem 80°. 100°; nonnulli describunt 150°. 200°, 250°, 300°, &c. Porro fieri nequaquam potest ut linea recta, vel curva convexa, quæcumque sit illius magnitudo vel positio, sub angulo 180° videatur: igitur cometarum orbitæ versus solem sunt concavæ. Et quidem cometæ circa solem, non secus ac faciunt planetæ, areas describere observantur temporibus proportionales; tendunt ergo in solem, & circa ipsum revolvuntur; ut patet ex demonstratis in Physica generali sect. 1. cap. 2. Cæterum hæc pauca attigisse nunc satis sit; alia plurima in refellendis objectionibus explicabimus. Interim concludere licet: sidera illa planetis sunt an-

anu-

numeranda quæ in planetarum regione moventur, & eadem cum planetis habent phœnomena, atqui &c. Ergo.

Objic. Inter cometas, & planetas varietates plurimæ jam antea breviter observatæ sunt. Proprius cometarum motus non est idem in omnibus, alii ab oriente in occidentem tendunt, aliorum motus fit in antecedentia planetarum cursui contrarius, omnes cometæ diligenter observati deflectunt ad boream vel austrum, neque planetarum more in aliquo spatio comprehenduntur; sed inde migrant magna motuum varietate, & in omnes cælorum regiones feruntur, alii celerius, alii tardius. Cometam observavit Regiomontanus cujus tanta erat velocitas ut uno die gradus quadraginta peregerit. Tandem cometæ spectatorum oculis sese citissime subducunt. Hinc concludere licet. Planetis annumerandos esse cometas ex analogia demonstrari solet, atqui analogiam tollit cometarum, & planetarum comparatio. Ergo &c. . . . . Resp. N. Min. Prima hujus objectionis pars facile evanescit, si revocemus in memoriam vi duplici una scilicet semel impressa & uniformi, altera autem centripeta & variabili curvam circa centrum aliquod describi posse, quod quidem in planetis circa solem fieri jam demonstravimus. Verum directio motus impressi non est ad aliquam partem determinata, ad sinistram vel dexteram, ad Boream vel austrum aut quamlibet aliam plagam. At directio motus compositi ex vi uniformi impressa, & ex vi centripeta, pendet tantum ex directione vis impressæ, & ex positione centri virium. Quare cum supremus motor pro sua omnipotenti & libera voluntate astris motum imprimere potuerit, diversa motuum directio non tollit co-

metas inter, & planetas analogiam, quæ in eo posita est quod nempe utrumque siderum genus circa solem revolvatur. Quod autem cometæ saltem plurimi per breve tempus sese conspicuos præbeant, repetendum est ex ipsa orbitæ excentricitate. Si planetæ orbita ita sit excentrica ut diameter illius in *aphelio*, seu in maxima a sole distantia sub angulo infinite parvo conspiciatur, jam manifestum est diametrum ac proinde & planetam in aphelio evanescere; conspicuus igitur erit planeta duntaxat in *perihelio* seu in minima a sole distantia, atque tandiu conspicuus manebit, donec nimia non sit illius a sole distantia, ita ut diameter sub angulo non valde exiguo observari possit.

Inst. I. Cometæ nullas certas periodos habere observantur. Anno 1702. Romæ conspicuus fuit cometa, eumque ipsum fuisse credidit Cassinus quem Aristoteles observaverat, & qui an. 1668 rursus sese conspicuum præbuit. Ille igitur cometa brevi 34 annorum periodo, in hac hypothesi, revolvitur. Anno 1702 observatus fuit alius cometa, ex cujus velocitate & directione conjecerunt Blanchinius & Maraldus eundem fuisse qui anno 1664 jam apparuerat. Hunc cometam an. 1750. apparuisse refert Cassinus, iterumque anno 1698 conspicuum fuisse testis est Lahirius. Itaque hujus cometæ periodus foret mensium 43, ac proinde ab an. 1652 ad 1698 quatuordecim periodos absolvisset. Ecquis autem crediderit cometam hunc in tanta observationum astronomicarum assiduitate & diligentia, Astronomorum oculis per integras revolutiones quatuordecim non patuisse? Verum ut alias omittamus plurimas cometarum observationes, satis erit referre cometas duos

qui

qui præ aliis omnibus majori diligentia observati fuere. Unus scilicet observatus fuit annis 1531, 1607, 1682, qui proinde quarto conspicuus esse debuit an. 1758. Alter cometa observatus est an. 1680. & is ipse creditur qui annis 531, & 1106 visus est, cujus proinde periodus est annorum 575. Verum si accurate conferantur inter se cometarum observationes, nec satis congruunt conditiones singulæ, neque etiam ipsa tempora periodica. Nulli hactenus observati fuerunt cometæ quorum orbitæ eandem retinuerint ad eclipticam inclinationem eandemque in perihelio velocitatem, quæ tamen conditiones duæ omnino observari debuissent, si idem cometa iterum rediisset. Quod spectat cometam an. 1682. observatum & anno 1758 expectatum, Astronomorum expectationem elusit; apparuit quidem cometa an. 1759, sed præterquam quod integro anno tardior fuit, non conveniebant accurate omnes utriusque cometæ circumstantiæ: ex his observationibus sic concluditur. Si cometæ planetarum more circa Solem revolverentur, certo innotuisset multis abhinc annis cometarum reditus, atqui &c. Ergo. Resp. N. Min. De certis cometarum periodis nullus est dubitandi locus. Quod autem rarissimus sit cometarum reditus, tribuendum est duplici causæ. Longissima est cometarum periodus ideoque & tardissimus illorum reditus. Præterea nullas satis tutas cometarum observationes reliquerunt veteres Astronomi; neque enim temporibus antiquis ea quæ omnino necessaria est subtilitate habebantur observationes, & maxime circa cometas quorum brevior apparitio diuturnas observationes non permittebat. Hinc fit ut duo tantum hactenus noti sint cometæ quorum tempus periodicum certo cognitum est. Unus observatus fuit

annis 1531, 1607, 1682 & quarto visus est anno 1759. Alter cometa observatus fuit anno 1689 atque is ipse est quem apparuisse referunt Astronomi annis 531, 1106 ita ut tempus periodicum constitui debeat annorum circiter 575. Neque cometarum periodo certisque legibus obstare debet quod non conveniant accurate omnia motuum elementa in observationibus cometarum, qui pro uno eodemque cometa habentur. Etenim inæqualitas illa, ut jam antea annotavimus, caussis physicis adscribi debet. Saturni motus a cæteris planetis & præsertim a Jove maxime perturbatur. Fieri ergo potest ut unus idemque cometa bis observatus non secet eclipticam sub eodem angulo & in iisdem locis; neque repugnat eandem non esse ejusdem cometæ velocitatem in perigæo; talibus enim erroribus aliisque plurimis obnoxia est luna. Igitur quod cometa anno 1759 observatus Astronomorum quorumdam expectationem fefellerit referri debet variationibus quas præcipiti nimis judicio neglexerant aliqui; has autem incredibili solertia ad calculum revocavit Clairaltius tantaque diligentia ut cometæ reditus, paucis diebus, a calculo aberraverit.

Inst. II. Cometæ aliqui ad terram proxime accesserunt. Anno 1472 observatus fuit cometa cujus parallaxis plusquam vigesies major erat parallaxi solari. Cometa observatus anno 1680, computante Hallejo, a boreali orbitæ terrestris parte distabat die 11 Novembris intervallo circiter semidiametrorum terrestrium 60; quare si tunc temporis ad hanc orbitæ suæ partem tellus pervenisset, parallaxis cometæ haud major fuisset parallaxi lunari. Porro in tam exigua cometæ tellurisque distantia, multum nobis ex cometarum vicinia timen-

timendnm foret; immo si cometæ planetarum densitatem æmulentur, ex attractionis legibus fieri facile posset ut cometa circa terram vel etiam tellus circa cometam lunæ instar revolveretur, atque deinde tum cometa, tum terra in remotissimas planetarum regiones raperentur. His positis sic argumentari licet. Admittenda non est hypothesis illa quæ universam mundi compagem turbaret variosque planetarum cælos confunderet, atqui &c. Ergo.... Resp. Dist. Maj. hypothesis illa mundi compagem turbaret, nisi D. O. M. planetarum cometarumque systemati certas leges præscripsisset. C. Maj. Si Deus certis legibus planetarum orbitas motusque coerceat. N. Maj. & Conf. Re quidem vera si cometa aliquis ad tellurem vel planetam quemlibet propius accederet, variis modis pro massarum varietate diversaque velocitate turbari posset mutuus illorum motus, imo ad contactum pervenire possent, & in unicam massam coalescere planeta & cometa. At sapientissimo divinæ Providentiæ consilio systemata omnia certis legibus ita gubernat supremus rerum omnium artifex, ut mundus hic, quamdiu omnipotens auctor jusserit, perseveret. Metuenda quidem est & adoranda Dei punientis manus; verum divinæ ultionis arcana non sunt curiosius scrutanda; sed precibus exoranda divina clementia vitæque sanctitate obtinenda. Itaque inter vanissima deliramenta rejici debent quæ de universali diluvio & de ultima orbis conflagratione fabulatur Wisthonus *in systemate solari*. Advertit Halleius cometam qui mense Septembri post Julii Cæsaris mortem anno 440 ante Christum natum, visus est, rursus apparuisse anno Christi 531 Lampadio & Oreste consulibus, deinde in conspectum rediisse mense Februa-

bruarii anno 1660, & tandem observatum fuisse an. 1680. Itaque hujus cometæ periodus foret annorum 575. Hanc autem periodum a morte Julii Cæsaris ad retroacta tempora ex ordine numerans Wisthonus, affirmat eundem cometam diluvii anno apparuisse, & hujus cometæ vapores atque exhalationes diluvii aquas subministrasse. Alteri cometæ ad Solem propius & deinde ad terram accedenti ultimam terræ conflagrationem tribuit; sed hæc mera sunt viri somniantis potius quam philosophantis figmenta. Nec refelli debet ineptissimus error qui apud cultiores gentes jam omnino exolevit; ea nempe fuit vulgi, atque etiam veterum quorumdam Philosophorum opinio, cometas esse funestorum eventuum causas vel signa prævia; quod quidem si verum esset, frequentissimi essent cometæ, cum nullum sit tempus quo miseri mortales ingentibus malis alicubi non premantur.

Inst. III Cometæ in cælis trahere solent interdum longiorem quemdam nebulosum ductum, qui si a nucleo cometæ protenditur in eas partes ad quas motu proprio tendit cometa, dici solet *barba*, Si autem in partes oppositas, *cauda* vocatur. Ille autem nebulosus cometarum tractus mutabilis omnino est, brevior aliquando, ad maximam deinde longitudinem exporrigitur, postea decrescit atque omnino evanescit. His positis sic concluditur. Omni caret verisimilitudine planetis annumeranda esse corpora illa quæ in vapores atque exhalationes abire ac tandem evanescere omnino videntur, atqui &c. Ergo . . . Resp. N. Min. Probabilissimum est cometarum caudas nihil aliud esse quam vapores seu exhalationes ex ipso cometæ nucleo exeuntes, agente sole ad quem proxime accedunt. Et re quidem ipsa, eo longior ob-

observatur cometarum cauda quo minor est distantia illorum *perihelia* & contra. Cum autem cometæ ad longissimas deinde excurrant a sole distantias, magnam humorum copiam admittere & concipere debent; illi autem humores vi solis in distantia perihelia rapiuntur atque sublevantur. Quare verisimile est illas cometarum nebulas in majori a sole distantia decrescere atque tandem dissipari, in reditu ad solem iterum formandas. Hinc etiam intelligere est cur planetæ qui ad tantas a sole distantias non evagantur, his vaporibus non observentur obnoxii. Porro quamvis cometarum caudæ, si motum impressum retinerent & in solem vi gravitatis tenderent, orbitas curvilineas circa solem simul cum cometis describere debeant, iterum in conspectum rediture, de his tamen vaporibus idem non debet fieri judicium quod de corporibus fixis quæ easdem perpetuo servant motuum viriumque leges. Hinc longe probabilius judicamus vapores illos inconstanti motuum varietati omnino obnoxios, & atmosphæræ nostræ vaporibus fortasse simillimos omnino dispergi atque dissipari. Sed quidquid sit, ex vaporum illorum inconstantia atque mutabilitate minime concludi potest iisdem mutationibus obnoxios esse cometas; inepte enim argumentaretur qui ex telluris vaporum incerta lege nascentibus & evanescentibus, tellurem quoque iisdem legibus subjectam & ex planetarum numero excludendam colligeret. Cæterum quo evadant cometarum caudæ; an a planetis attractæ in illorum substantiam transeant, ignotum omnino est. At materiam illam tenuissimam esse certissimum est, cum pellucidæ sint cometarum caudæ & trans ipsas splendide luceant stellæ. Ex his autem quæ bre-

breviter diximus, facile intelliguntur præcipua caudarum phænomena. Si cometa sit *perihelius*, maxima velocitate e cometæ nucleo erumpunt vapores qui deinde particularum gravitate retardati ascendunt & caudæ longitudinem augent. Hujus autem caudæ extremitas a sole remotior, satis magnam non reflectens lucis copiam, saltem oculis, evanescit. Hinc patet cur breviores cometarum caudæ diutius fiant conspicuæ; sunt enim veluti permanentes vaporum columnæ quæ minori vi e nucleo erumpunt & motu tardiori in spatiis nihil aut fere nihil resistentibus delatæ, tardius evanescunt. Declinare observantur cometarum caudæ paululum a linea per solem & cometam ducta, viam flectendo ad latus. Etenim fumus aut vapor quilibet a corpore moto impulsus, oblique ascendit, aliquantulum scilicet deflectens a semita corporis impellentis. Hæc autem deviatio minor est prope ipsum cometæ nucleum & in minori a sole distantia; majori enim velocitate ascendit vapor in minori a cometa & a sole distantia. Tandem latior est cauda versus extremitatem quam versus caput, vapores enim in spatiis liberis rarefiunt & dilatantur. Cæterum fumi exemplum pleraque caudarum phænomena feliciter illustrat. Etenim sicut in aere nostro, corporis cujusvis igniti fumus petit superiora & quidem perpendiculariter si corpus quiescat, oblique autem in latus si corpus moveatur; ita in cælis ubi corpora gravitant in solem, fumi & vapores ascendere debent a sole, eodem modo quo fumus in camino ascendit impulsu aeris cui innatat. Aer ille per calorem rarefactus ascendit ob diminutam gravitatem specificam, fumumque implicatum rapit secum; ita calore solis ra-

refacta aura ætherea, ob imminutam gravitatem specificam ascendet, & secum rapiet tenuissimas caudæ particulas, adjuvante atque impellente lucis solaris impetu. Inde manifestum est cur vaporum ascendentium tractus ad partes soli oppositas dirigatur. Quare ubi cometa ad solem tendit, vapor relinquitur post cometam & dicitur *cauda*. Ubi autem cometa recedit a sole, vapor præit & *barba* vocatur. Porro ascensus obliquitas minor est ubi velocior fit vaporis ascensus, nempe in vicinia solis & corporis fumantis; cum potentior sit vis qua vapor ascendit. Ex obliquitatis autem diversitate incurvabitur vaporis columna, & quia vapor in curvaturæ parte convexa prior erupit, is ibidem paulo densior est lucemque copiosius reflectet, ideoque pars convexa limite magis distincto terminatur. Hæc omnia cum phænomenis, licet probe consentiant, probabilissime tantum dicta volumus, sine ulla aliarum hypotheseon quæ maximo ingenio excogitatæ fuerunt, injuria; imo ad cometarum caudas plurimum etiam conferre atmosphæræ solaris particulas certum videtur, ut opinatur doctissimus Mairanius, ubi cometæ ad solarem atmosphæram descendunt; atque etiam iisdem caudis materiam subministrat ipsarum cometarum atmosphæra, ut doctissimo Eulero visum est.

ARTICULUS V.

De planetis secundariis & de eclipsibus.

I. DE planetis secundariis sæpius jam data occasione mentionem fecimus; Saturnum comitantur satellites quinque, Jovem quatuor, tellus autem unicum habet Satelli-
tem

tem, lunam ſcilicet. De Saturni & Jovis Satellitibus pauca adjungemus, Lunæ phænomena fuſius explicaturi. Satellites Saturni & Jovis atque etiam Satelles terræ ad orientem & occidentem planetæ primarii alternis vicibus ſunt poſiti, ad partes oppoſitas per vices redeunt; ubi autem Satelles ad *elongationem* maximam pervenit, eandem ex utraque parte ſervat a planeta diſtantiam, atque eodem circiter tempore ad eandem elongationem redit. Ex his digreſſionibus diſtinguuntur a ſe invicem Jovis & Saturni Satellites; ita primus Satelles appellatur qui minus digreditur a planeta primario, ſeu cujus brevius eſt tempus periodicum, & ſic de aliis, pro digreſſionis ordine, in qualibet Satellitum revolutione duæ fiunt Satellitis cum planeta primario conjunctiones; una *ſuperior* quæ ultra planetam reſpectu ſolis contingit, dum nempe Satelles a digreſſione occidentali, tranſit ad orientalem; altera autem *inferior* quæ fit cis planetam, dum Satelles ab orientali digreſſione ad occidentalem tranſit. Quia vero planetæ primarii & ſecundarii ſuam lucem mutuantur a ſole, Satelles tranſiens per diſcum planetæ primarii in conjunctione inferiore, *fictitiis* planetæ incolis qui infra Satellitis ſemitam eſſent poſiti, ſolares radios occultabit iiſque eclipſim ſolis creabit. At ubi Satelles in conjunctione ſuperiore tranſit pone diſcum planetæ, Satelles ipſe umbræ immergitur ſeu eclipſim patitur; ſed eclipſium doctrina commode explicari non poteſt, niſi de luna paulo fuſius dicamus.

II. Lunæ *phaſes* appellantur diverſæ figuræ quas illius diſcus terræ incolis exhibet. Si luna ſit in *conjunctione* cum ſole, dum nempe luna e tellure viſa eidem zodiaci gradui

dui imminet, cui respondet sol ipse, lunæ discus in cælo evanescit, fitque *novilunium*, ut omnibus notum est. Si luna sit in *oppositione*, dum nempe distat a sole per 180. gradus, lunæ discus integro circulo terminatur, habeturque *plenilunium*. In primo casu luna medium inter solem & terram locum obtinet; in secundo terra inter solem & lunam versatur. Lunæ conjunctio & oppositio communi nomine *Syzigiæ* appellantur; luna autem dicitur esse in *quadraturis*, dum a sole distat per gradus 90. Varias lunæ phases per integram *lunationem*, dum nempe luna ab una conjunctione cum sole ad proximam redit, haud difficile est intelligere. Quoniam luna est corpus sphæricum & opacum, dimidius lunæ discus radiis solaribus semper illustratur, altero hemisphaerio in umbra latente; Igitur hemisphærium lucidum ab hemisphærio obscuro dirimit circulus maximus cujus planum semper perpendiculare est ad rectam quæ e sole ad lunam ducitur. Compendii ergo circulus ille dicatur E. Quia vero dimidia duntaxat globi superficies circiter conspicua esse potest, ex omnibus circulis maximis superficiei sphæricæ, ille duntaxat integer videri potest cujus planum est perpendiculare ad radium ex oculo ductum ad centrum sphæræ, qui proinde circulus hemisphærium visibile terminat; aliorum autem circulorum pars dimidia tantum videri potest. Dicatur V circulus qui terminat hemisphærium lunæ e terra conspicuum. Porro positio plani V, constans semper manet respectu terræ, hujusque circuli figura circulum constanter repræsentat, ut patet. Præterea ex lunæ phasibus manifestum est hemisphærium illuminatum respectu hemisphærii e terra visibilis,

luna-

lunationibus ſingulis integram revolutionem abſolvere circa communem interſectionem utriuſque plani, circulorum nempe E, V; hæc autem communis interſectio eſt diameter ſphæræ, quod evidens eſt, cum duo circuli maximi ſphæræ ſeſe in partes æquales dividant. Itaque planum circuli E, qui hemiſpherium illuminatum terminat, tranſit per omnes poſitiones poſſibiles reſpectu radii ex oculo ad centrum lunæ ducti, ac proinde hujus circuli figura modo circularis apparet, modo elliptica, aliquando rectilinea, prout circuli planum vel ad radium perpendiculare eſt, vel obliquum, aut cum ipſo radio coincidens. Jam vero ob revolutionem circuli E circa diametrum circuli V, pars ſuperficiei lunaris quæ reſpectu terræ illuminata apparet, ſemper clauditur duobus ſemicirculis quorum unus circuli V dimidius figuram ſemicirculi ſemper exhibet (ex dem.) alter autem circuli E, dimidius, modo tanquam ſemicirculus, modo tanquam ſemiellipſis, aliquando velut linea recta conſpicitur.

III. Ex his intelliguntur phaſes lunares. In conjunctione lunæ cum ſole, dum luna inter ſolem & terram verſatur, circulus E, qui hemiſpherium illuminatum terminat coincidit cum circulo V, qui terminat hemiſpherium viſibile. Verum quia hemiſpherium illuminatum directe ſoli expoſitum, telluri opponitur, nulla pars lunæ illuminata apparet. Dum vero luna in ſua revolutione progreditur, hemiſpherium illuminatum verſus hemiſpherium viſibile promovetur, ſemicirculi E, V, mutua interſectione efficiunt duos angulos ſphæricos acutos. Igitur paulo poſt novilunium, videri debet ſpatiolum lucidum dimidia occidentali parte circuli V & dimidia parte cir-

culi

culi E, terminatum. Hæc pars dimidia E, elliptica conspicitur, primo tamen fere circularis apparet; planum enim circuli E, multum distat ab illa positione in qua radio e terra ad lunam ducto perpendiculariter insistit, atque hujus ellipseos convexitas semicirculi V concavitati obvertitur, & apparent *cornua* lunæ, quorum apices, angulorum nempe sphæricorum vertices, sunt extremitates diametri lunaris circa quam circulus E, volvitur. Hic autem circulus E, magis ac magis promovetur versus hemisphærium visibile & ad lunæ cornua efficit angulos sphæricos continuo majores; quare hujus circuli planum magis ac magis inclinatur ad radium ex tellure ad lunam ductum; igitur dimidia pars circuli E, semiellipseos figuram refert quæ magis ac magis contrahitur usque ad quartam revolutionis lunaris partem; tunc enim semicirculi E planum ad planum semicirculi V perpendiculariter insistit, ac proinde coincidit cum radio ex terra ad lunam ducto. Quare hæc semiellipsis abit in lineam rectam, & pars lunæ illuminata imitatur semicirculum diametro terminatum. Hæc phasis *primus lunæ quadrans* dicitur.

Deinde semicirculus E, versus hemisphærium visibile perpetuo progreditur, & cum semicirculo V, angulos sphæricos magis ac magis obtusos efficit; tunc semiellipsis quæ est semicirculi E, repræsentatio, suam convexitatem obvertit ad partes circuli V, semissi occidentali oppositas, magis ac magis dilatatur, ac proinde pars illuminata ad circuli integri figuram accedit magis; hanc figuram tandem acquirit dum in oppositione lunæ cum sole, planum circuli E, perpendiculariter insistit radio e terra ad lunam ducto,

tum-

tumque circulus ille integer conſpicitur & cum circulo V, coincidit. Hæc phaſis *plenilunium* appellatur, tumque circulus E & luna ipſa dimidiam compleverunt revolutionis partem. Deinde circulus E, dimidiam alteram revolutionis ſuæ partem abſolvens, eaſdem figuras iterum lunæ reſtituit. Semicirculus E, qui cum dimidia circuli V, parte orientali, illuminatam partem claudit, rurſus abit in ſemiellipſim quæ primum ad ſemicirculi figuram magis accedit, deinde contrahitur magis donec in lineam rectam abeat poſt tres revolutionis quadrantes, atque hæc phaſis *ultimus lunæ quadrans* vocatur. Tandem ſemiellipſis magis ac magis dilatatur ſuam convexitatem ſemicirculi V, parti concavæ obvertens, atque omnino evaneſcit coincidens cum circulo V, in ſequente novilunio. Cæterum facili machina adoleſcentum imaginatio ſublevari poteſt, adhibendo ſcilicet globulos duos quorum unus terram, alter vero lunam referat; deinde efficiatur ut lucentis candelæ radios, pro diverſis lunæ phaſibus, excipiat globulus lunam repræſentans, hoc artificio lunares phaſes quodam modo adumbrare licebit.

IV. *Menſis ſynodicus* ſeu *lunatio* appellatur tempus quod impendit luna, dum ab una conjunctione cum ſole ad conjunctionem proximam redit; illud autem tempus definitur ſpatio $29^{die.}$ $12^{hor.}$ 44. Menſis autem *periodicus* vocatur tempus quo luna terram circumeundo, orbitam ſuam deſcribit ſpatio $27^{die.}$ $7^{hor.}$ 43. Menſem Synodicum majorem eſſe menſe periodico manifeſtum eſt; etenim dum luna in propria orbita periodum abſolvit, interea tellus ejuſque comes luna circa ſolem eundo, integro fere ſigno verſus orien-

orientem promoventur, & punctum orbitæ quod in priore situ, in recta scilicet centra terræ & solis jungente, jacebat, nunc sole paulo occidentalius est, ac proinde cum luna ad illud punctum pervenit, nondum in conjunctione cum sole versatur. Præter motum lunæ in sua orbita, ipsam quoque circa axem revolvi compertum est, atque rotatio illa fit spatio 27dier. 7hor. 43', nempe ipso tempore periodico lunæ; idque facile colligitur ex eadem lunæ facie quæ telluri perpetuo obvertitur. Etenim si objectum aliquod circa aliud revolvat, eadem semper conspicua manente objecti facie, evidens est, idque unusquisque facile experiri potest, objectum quod eandem semper faciem ostendit, eodem modo circa proprium axem moveri quo ipsum motu periodico circa objectum aliud revolvitur.

Lunæ facies inæqualis omnino est & aspera. Etenim si lunæ superficies tersa omnino esset & polita, ut in speculis, undequaque lucem non reflecteret, sed solis imaginem exiguam admodum instar puncti splendidissime micantis tantum ostenderet; verum sicut in corporibus terrestribus, sic in luna scabra est superficies; unde fit ut lucem solarem undequaque diffundat & corpora terrestria illuminet. Non solum inæqualis & aspera est lunæ superficies, sed altissimis montibus profundissimisque vallibus tota obsita creditur. Et quidem si nullæ in luna extarent partes reliquis altiores, in diversis lunæ phasibus, semper accurate terminata apparerent confinia lucis & umbræ. Verum si telescopio lunæ vultum quis contemplatus fuerit, confinium illud nulla regulari linea, sed dentatum, serratum multisque anfractibus intercisum observabit. Tota lunæ superficies mirabili varietate di-

stin-

ſtincta apparet ; quædam enim partes ſplendidiſſime lucent, aliæ autem non paucæ tanquam maculæ obſcuriores videntur. Sed inanes de macularum illarum natura quæſtiones prætermittimus, atque ad eclipſes tum lunæ, tum ſolis properamus.

V. Si planetæ primarii diſcum propius amplectatur Satellitis orbita, ſitque hujus orbitæ planum ad planetæ orbitam parum inclinatum, evidens eſt in omnibus conjunctionibus inferioribus Satellitem hunc aliquam ſuperficiei planetæ partem ſoli eripere, ac proinde umbra Satellitis in planeta primario eclipſim creare debet. At in conjunctionibus ſuperioribus Satelles planetæ primarii umbram ſubit ideoque ipſe eclipſim patitur. Verum ſi orbita Satellitis ad planetæ orbitam ſit vel parum inclinata, ſitque orbita illa ſatis magna quales ſunt orbitæ Saturniorum Satellitum quarti & quinti, Jovialis autem quarti, & ipſius lunæ orbita, evidens eſt in conjunctionibus quæ longius a nodis fiunt, dum nempe apparens Satellitum ſemita abit in ellipſim valde elongatam ita ut minor illius axis planetæ diametrum excedat, jam Satelles in conjunctionibus inferioribus nullam ſoli occultare poteſt planetæ partem, ac proinde nulla eſt eclipſis ſolis ; in conjunctionibus autem ſuperioribus planetæ diſcus Satellitem ſoli non ſubtrahit, ideoque nulla eclipſis Satellitis vel lunæ. Igitur contingere non poſſunt eclipſes niſi *ſyzigiæ* prope nodos celebrentur. Itaque ſi planeta in conjunctione inferiore nodum alterutrum teneat, jam eclipſis ſolis tranſit per medium planetæ diſcum ; in conjunctione autem ſuperiore Satelles tranſit per axem coni quem planetæ primarii umbra projicit & quem *conum umbroſum* vocant.

Igi-

Igitur quo longius planeta distat a nodo, eo longius distat Satellitis umbra a planetæ centro in conjunctionibus inferioribus; in conjunctionibus autem superioribus eo longius distat Satelles a centro umbræ planetæ.

Si planeta excurrat paululum citra puncta orbitæ in quibus Satellitum remotiorum conjunctiones desinunt esse *eclipticæ*, puncta illa appellantur *limites eclipsium*; tunc vero pars aliqua Satellitis duntaxat in conjunctionibus inferioribus planetæ partem occultat; & in conjunctionibus superioribus pars aliqua Satellitis tantum planetæ umbram ingreditur, atque eo minor est pars illa quo propior est planeta prædictis limitibus. Tales eclipses dicuntur *partiales*, aliæ autem *totales* vocantur. Itaque prope nodos totales fiunt eclipses; prope vel citra limites, sunt tantum partiales. Ex his etiam patet in conjunctionibus inferioribus *eclipticis* solem eclipsim pati duntaxat in iis planetæ punctis quæ imminent vestigiis umbræ Satellitis. Quare si paulo major sit planeta respectu Satellitis, jam planetæ incolæ in iis superficiei planetariæ punctis quæ a sectione globi planetæ & plani ecliptici longius distant, eclipsim solis non patiuntur nisi Satelles paulo removeatur a plano ecliptico ad partes scilicet in quibus positi finguntur incolæ; in hoc casu incolæ ad alteram plani ecliptici partem positi, nullam pati possunt solis eclipsim. Contra autem in conjunctionibus superioribus eclipticis, dum Satelles umbræ immergitur, fieri non potest ut Satelles quibusdam incolis eclipsim pati videatur, aliis autem incolis splendeat. Itaque eclipses lunæ vel Satellitum *universales* dici possunt; at solis eclipses quibusdam tantum planetæ primarii incolis sunt conspicuæ. Præte-

rea in eclipsibus solis fieri posse intelligitur ut Satellitis discus e suo planeta primario visus non ita magnus appareat quin aliquam solis partem circa limbos undequaque conspicuam spectatori permittat; in hoc casu circa solis limbum quaquaversum conspicitur annulus lucidus, & ideo eclipsis illa *annularis* dicitur. Verum si tantum sit Satellitis corpus ut quibusdam planetæ primarii incolis totum solis discum subtrahat, tunc eclipsis simpliciter *totalis* vocatur.

VI. Ex hactenus explicatis tandem intelligitur eclipseos solaris initium tunc spectatori alicui contingere, dum satelles motu suo ad eum ita accessit cæli locum in quo sol videtur, ut distantia centri Satellitis a centro solis, æqualis appareat summæ angulorum sub quibus spectator videt Satellitis & solis semidiametros. Itaque eclipseos initium esse potest spectatori alicui, dum spectatori alteri finis, vel medium contingit; aut etiam nondum inchoata eclipsi spectatoribus aliis. Patet etiam iis incolis qui in vestigii umbrosi limbo interiori versantur, eclipsim totalem unico duntaxat instanti apparere, talis eclipsis dicitur *totalis sine mora*; qui autem umbræ profundius immerguntur, eclipsim totalem habent diuturniorem, atque eclipsis dicitur *totalis cum mora*. Simili ratione manifestum est iis qui limbo exteriori umbræ immersi sunt, obscuratam solis partem aliquam duntaxat apparere, & quidem eo minorem quo remotiores sunt ab eodem limbo; cum aliqua duntaxat pars Satellitis solem occultet, ita ut in certa a limbo umbroso distantia eclipsis nulla fiat. Igitur solaris eclipsis in quibusdam locis totalis esse potest, partialis in aliis; quibusdam incolis in disci solaris septen-

ſeptentrionali parte poteſt apparere ; aliis autem in parte auſtrali. At contra in eclipſibus ſatellitum, dum Satelles magis ac magis umbræ immergitur, ejus diſci partes variæ obſcurantur atque occultantur. Spectatores ſinguli quibus Satelles conſpicuus eſſe poteſt, hunc vident eodem temporis puncto atque eodem modo umbræ immerſum; nempe totalem vident eclipſim, ſi totalis eſt: partialem ſi partialis. Generatim ſpectatores duo in quolibet planetæ loco nullam in eclipſeos lunæ aut Satellitis phaſibus differentiam obſervant; dummodo Satelles duobus ſpectatoribus ſit conſpicuus. Igitur eclipſes lunares ſunt *univerſales*, hoc eſt, in omnibus terreſtris globi partibus conſpicuæ, ſi luna ſit ſupra horizontem; ejuſdem ubique ſunt magnitudinis, eodem tempore initium & finem habent. Id quidem evidens eſt; cum enim eclipſis lunaris inde oriatur quod luna telluris umbram ſubeat, eodem omnino tempore luna telluris umbram ingredi videtur ubique terrarum, non ſecus ac candelæ lumen in cubiculo extinctæ omnibus qui in eodem ſunt cubiculo evaneſcit. Hinc patet maximam eſſe eclipſium lunæ vel Satellitum utilitatem ad definiendam meridianorum differentiam in diverſis locis; at eclipſium ſolarium obſervationes ſine reductionum ambagibus hunc uſum præbere non poſſunt; hæc autem in Geographia commodius explicabimus.

VII. Ex hactenus explicatis determinari poſſunt & ad calculum revocari eclipſium lunarium & ſolarium phaſes. Solaris eclipſeos initium & finis celebrantur, dum arcus qui centrorum ſolis & Satellitis diſtantiam metitur, ſemidiametrorum ſolis & ſatellitis ſum-

mæ æqualis apparet. Itaque computatis per tabulas aſtronomicas loco & tempore conjunctionis veræ Satellitis cum ſole, ſi latitudo apparens Satellitis minor eſt prædicta ſemidiametrorum ſumma, eclipſim ſolis contingere neceſſum eſt. Etenim cum latitudo Satellitis ſit illius diſtantia ab ecliptica, hanc diſtantiam metitur arcus circuli maximi ad planum eclipticæ perpendicularis & per Satellitis centrum tranſeuntis, ac proinde in hoc caſu latitudo eſt arcus diſtantiæ centrorum Satellitis & ſolis, viſorum e planeta primario.

Simili modo Satellitis vel lunæ eclipſis initium & finem habet, ubi diſtantia centri Satellitis a puncto planetæ ecliptico quod centro ſolis directe opponitur & *centrum umbræ* dici ſolet, æqualis eſt ſummæ ſemidiametri Satellitis e planeta viſi & ſemidiametri umbræ in tranſitu per planetam. Eclipſis autem Satellitis tunc totalis eſſe incipit vel deſinit, dum centrorum Satellitis & umbræ diſtantia ſemidiametrorum umbræ & ſatellitis differentiæ æqualis eſt; tunc enim Satellitis diſcus interiorem umbræ limbum attingit. Itaque per tabulas aſtronomicas computentur momentum & locus oppoſitionis Satellitis, habebitur eclipſis ſi latitudo Satellitis in ipſa oppoſitione minor ſit ſumma ſemidiametrorum umbræ & Satellitis e planeta viſi, atque eclipſis erit totalis ſi latitudo minor ſit ſemidiametrorum umbræ & ſatellitis differentia, ut patet.

Neque prætermittenda eſt methodus qua inveniri poteſt umbræ ſemidiameter. Sit SA, ſemidiameter ſolis S, (Fig. 33.) e planeta T, ſub angulo STA, viſi, ſitque CI arcus orbitæ Satellitis L, per umbram BEG planetæ T, tranſituri. Centrum umbræ

bræ eſt in L, & arcus CL, qui tanquam linea recta haberi poteſt, eſt ſemidiameter umbræ. Præterea angulus BAT, æqualis eſt parallaxi horizontali ſolis, angulus autem BCT, parallaxi horizontali Satellitis; quod manifeſtum eſt ex demonſtratis cap. 1. Quare angulus CTD, utriuſque parallaxeos ſummæ æqualis eſt, ex qua ſubtracto angulo LTD, vel ATS qui ſemidiametro ſolis e planeta viſi æqualis eſt, remanet angulus CTL, vel arcus CL, ſemidiameter umbræ planetæ in tranſitu Satellitis per ipſum planetam. Quamvis punctum C, ſit terminus umbræ, debilior tamen fit lux Satellitis antequam terminum illum attingat; dum enim Satelles progreditur a puncto H ubi tangenti HBM occurrit verſus C, magis ac magis ſubtrahitur conſpectus diſci ſolaris S qui umbræ planetæ T immergitur, ideoque debilitatur lux Satellitis, donec in C, ſol oculis omnino ſubducatur. Spatium HC quod radiis ſolaribus minus illuſtratur, *penumbra* dicitur; atque etiam ſpatium KI quod majorem ſplendorem per gradus acquirit. Umbræ terreſtris magnitudinem auget atmoſphæræ noſtræ denſitas, quare parallaxi horizontali lunæ addi ſolent aliquot minuta ſecunda, pro diverſa de atmoſphæræ altitudine Aſtronomorum opinione. Atmoſphæræ etiam trubuendus eſt alter effectus; nempe refringuntur ſolares radii planetam tangentes, & verſus umbram L, accedunt ac proinde obſcuritatem minuunt. Huic refractionis effectui referendum eſt quod in eclipſibus lunæ totalibus debiliori luce reſplendeat luna; imo majorem lucem acquirit verſus eclipſeos medium L, quam prope terminos umbræ C & K. Diametrum ſolis & lunæ dividere ſolent

Aſtronomi in partes duodecim quas *digitos* appellant, iiſque utuntur ad exprimendam eclipſeos quantitatem, nempe eclipſim dicunt tot digitorum quot duodecimæ partes diametrorum apparentium lunæ vel ſolis obſcurari debent. Cæterum qui explicatam eclipſium doctrinam probe intelligent, adhibitis aſtronomicis vulgaribus tabulis atque præceptis, eclipſium durationem & quantitatem ad calculum revocare & prædicere facile poterunt, ſed ſingula perſequi non licet.

APPENDIX

De quibuſdam capitis præcedentis utilitatibus.

INgenii humani ſagacitatem egregie demonſtrat certus omnino fallique neſcius eclipſium reditus. Rudioribus hominibus fere videtur incredibile ita accurate notas eſſe Aſtronomis corporum cæleſtium diſtantias legeſque, ut eclipſes prædicere ipſumque temporis articulum facile definire poſſint. Eclipſium utilitatem ſummam in Geographia deinde explicabimus; nec minus certum eſt ex cognita eclipſium periodo multum ſplendoris atque præſidii in exploranda temporum ſerie derivaſſe. Ubi nempe in hiſtoria quadam aliquid eo tempore contigiſſe dicitur, quo ſolis aut lunæ eclipſis obſervata fuit, eadem eclipſi veluti perſpicuo certiſſimoque caractere cognoſci poteſt annus ac dies quibus res illa ab hiſtorico narrata contigerit, quod nonnullis exemplis in Chronologia demonſtrabimus. Itaque deſinat imperitum vulgus hanc præclariſſimam ſcientiam aſpernari, & cum *Aſtrologia* vaniſſimo viriſque Philoſophis indigno ſtudio confundere. Aſtronomia certiſſimis methodis

cæ-

cæleſtes motus ad calculum revocat; Aſtrologia autem quam *judiciariam* vocant, ex iiſdem motibus expiſcatur morales eventus, eos ſcilicet qui ex voluntate liberiſque hominum actionibus pendent. Stultum autem non ſolum eſt ſed etiam ſuperſtitioſum & religioni adverſum ſideribus tribuere talem vim atque auctoritatem in hominum voluntatem quaſi corporum cæleſtium influxu in noſtris actionibus dirigamur. Nec minus imperite præclariſſima Aſtronomiæ ſcientia abutuntur qui lunæ ſoliſque eclipſibus aliiſve planetarum aſpectibus calamitates prænuntiari vaniſſimo terrore in animum ſibi inducunt. Hunc turpiſſimum errorem apud veteres frequentiſſimum fuiſſe teſtantur antiqui Scriptores. Archelaus, referente Seneca, quo die ſol defecit, regiam clauſit & filium, quod in luctu rebuſque adverſis moris eſt, totondit. Nicias, narrante Plutarcho, per plurimos dies, maxima Athenienſium jactura, claſſis expeditionem retardavit. Inanem hunc terrorem a mortalium animis avertere curavit egregius philoſophus Anaximander qui eclypſium rationem primus omnium perſpicue docuit; quam ob cauſam eum in vincula conjectum fuiſſe ſcribit Plutarchus. Sed apage hæc ineptiſſima deliramenta quæ in hodierna rerum aſtronomicarum luce rudiorem duntaxat ſuperſtitioſamque plebem occupant; meliorem præcedentis capitis uſum demonſtremus.

Admirandam & fere infinitam cælorum varietatem contemplemur, animo intueamur innumerabiles ſtellas circa quas tanquam ſoles divinis legibus revolvuntur atque gubernantur planetarum ſyſtemata, univerſum hunc globum noſtrum in tanta corporum cœleſtium immenſitate velut tenuiſſimum pulviſculum

facile reputabimus. Ecquis divinorum operum magnitudinem serio meditatus omnem non deponet fastum atque superbiam, suamque tenuitatem & ignorantiam non fatebitur? Etenim doctissimi etiam viri vix aliquid norunt, & universa illorum scientia ne primam quidem, ut ita dicam, alphabeti infiniti litteram continet. Superest ergo ut gloriam nostram in animæ nostræ dignitate & immortalitate collocemus atque supremo rerum omnium autori perpetuas agamus gratias, quod eam nobis concesserit facultatem qua in hac mortali vita, divina illius opera attingere & laudare possimus; altera immortali vita perfectaque cognitione fruituri, quod faxit D.O.M.

CAPUT II.

De Astronomia Physica, seu de phænomenon cælestium causis.

ASTRONOMIA physica duas continet partes præcipuas quarum 1ª planetarum orbitas considerat, altera autem mutuam planetarum actionem & inde oriundos errores explicat. Quod spectat hanc secundam partem, hæc cum planetarum densitate & figura conjuncta omnino est. Quare, pro rerum varietate, distinctos instituemus articulos ita ut tamen ea quæ ante jam explicata sunt, breviter tantum revocemus, cætera autem fusius persequamur.

ARTICULUS I.

De gravitatis cælestis systemate & de planetarum orbita.

I. SI corpus moveatur in Ellipsi vel in alia qualibet sectione conica cujus focus sit in centro virium, ea erit lex vis centripetæ ut sit ubique reciproce proportionalis quadrato distantiæ locorum a centro virium: & viceversa, si vis centripeta sit reciproce proportionalis quadrato distantiæ locorum a centro virium, & corpus quodvis secundum directionem quamlibet ad centrum virium non convergentem, de loco quovis & quacumque velocitate projiciatur, movebitur corpus illud in aliqua sectione conica focum habente in centro virium. Quia vero planetarum orbitas in seipsas redire astronomicis observationibus compertum est, patet ellipticas esse orbitas illas. Neque enim circulares esse possunt, cum cælestia corpora, modo in suis motibus accelerari modo retardari observentur; porro in orbitis circularibus eadem perpetuo maneret velocitas, ut demonstratum est in Physica generali. Verum si ellipticæ sint corporum cælestium trajectoriæ, jam velocitates in eadem ellipsi sunt reciproce ut perpendicula ex centro virium, sive ex foco in orbitæ tangentes respective demissa, ex demonstratis in virium centralium doctrina. Itaque ellipticæ planetarum orbitæ, & diversæ illorum velocitati & illorum excentricitati probe satisfaciunt. Verum ut systematis hujus veritas confirmetur, in memoriam revocandæ sunt celeberrimæ duæ Kepleri leges, quarum prima hæc est: *Dum planeta in orbi-*

ta circa solem tanquam centrum movetur, si fingantur lineæ ex centro virium ad planetæ loca perpetuo ductæ, spatia ex his lineis composita erunt semper temporibus quibus orbitæ planetariæ portio iisdem rectis comprehensa describitur, proportionalia. Secunda lex est: *Tempora periodica planetarum sunt in ratione sesquiplicata mediocrium distantiarum a sole.* Hæc autem secunda lex quæ ex astronomicis observationibus colligitur, fluit quoque ex ipsa gravitatis natura; Si nempe planetæ tendant in solem vi centripeta decrescente in ratione distantiarum duplicata, prædicta vis centripetæ lex eam omnino postulat temporum periodicorum & distantiarum rationem quam astronomicæ observationes demonstrant. Eadem quoque phænomena ac proinde & lex eadem in planetis secundariis observantur; sed hæc omnia conferantur cum iis quæ de gravitate universali demonstravimus in Physica generali.

II. Ex phænomenis cælestibus in præcedenti capite descriptis & ex virium centralium doctrina id tandem omnino concludendum est, planetas singulos tendere in solem eosque circa solem revolvi in vacuo, aut in medio rarissimo, vel etiam in medio quantumvis denso nec tamen resistente; hanc autem ultimam hypothesim admittere non parum repugnabunt Philosophi qui patriis opinionibus non mancipati, veritatem physicam in experimentis & observationibus investigant. Cæterum quamvis planetarii systematis centrum sol statuatur, ex mutua tamen attractione æquali & contraria fieri debet ut sol ipse tendat in planetas, ac proinde & solem agitari necessum est, sed motu valde exiguo ob ingentem massam solarem, si cum aliis planetis conferatur.

tur. Itaque ſi mutuam planetarum & ſolis actionem conſideremus, ellipticarum orbitarum communem focum ſol accurate non occupat, ſed planetæ & ſol ipſe circa commune gravitatis centrum revolvi debent. Et re quidem ipſa, ſi areæ a planetis deſcriptæ non ad ſolem, ſed ad commune gravitatis centrum referantur, hæ temporibus magis accurate proportionales inveniuntur. Hæc quidem mutuæ attractionis lex ipſam quoque terram in ellipſi circa commune gravitatis centrum revolvi neceſſario poſtularet; Verum cum ſupremus rerum omnium autor univerſas naturæ leges præſcripſerit & conſtituerit, naturæ legumque omnium autori lex nulla præſcribi poteſt, leges omnes pro omnipotentiſſima voluntate poteſt ſuſpendere atque immutare. Quare hujus ſyſtematis partem quæ telluris motum ſpectat, tanquam faciliorem motuum cæleſtium explicationem nobis dumtaxat concedi poſtulamus.

Neque a communi planetarum lege immunes eſſe debent cometæ qui planetarii noſtri ſyſtematis partem conſtituunt. Re quidem vera cometæ in orbitis parabolicis revolvi aliquando finguntur, atque hæc hypotheſis cum obſervationibus probe conſentit. Verum hanc hypotheſim, commoditatis & facilitatis ergo, adhibent Aſtronomi; Etenim cometæ in ellipſibus valde excentricis ſuas periodos peragunt & per exiguum duntaxat ſuæ revolutionis tempus obſervari poſſunt. Quare cum parabola haberi poſſit tanquam ellipſis cujus foci duo in infinitum diſtant, evidens eſt tanquam portionem parabolæ ſine errore ſenſibili conſiderari poſſe viſibilem atque exiguum orbitæ cometæ arcum. Hanc autem hypotheſim Aſtronomis facere placuit ad vitandas calculi am-

bages quibus necessario implicatur elliptica & valde excentrica cometarum orbita.

III. Quæ de elliptica planetarum orbita in Physica generali atque etiam in Physica particulari hactenus diximus, observatione magis quam accurata ratiocinatione geometrica demonstrata sunt. Vim centralem in circulo tantum consideravimus, & ellipticam planetarum trajectoriam ad circularem minus accurate revocavimus; hæc autem hypothesis licet ad præsens institutum sufficere videatur, rem tamen utilissimam diligentius considerare convenientissimum est.

Vis acceleratrix quælibet variabilis tempore infinitesimo tanquam constans haberi potest, ac proinde vi centrali hoc modo consideratæ conveniunt theoremata omnia quæ de motu uniformiter accelerato demonstravimus in Physica generali. Quare vires centrales sunt ut spatia descripta directe & temporum quadrata inverse. Jam sint trajectoriæ cujuslibet puncta tria p, Q, P (Fig. 34.) tempus infinitesimum quo planeta orbitæ suæ arcum describit vi tendente ad S, erit ut area trianguli SPp, vel SPF, coeuntibus punctis p, F; sunt autem triangulorum illorum areæ ut SP × pM & ST × PF; quare quadratum temporis erit ut $ST^2 \times PF^2 = SP^2 \times PM^2$,

ac proinde vis centralis ut $\dfrac{pF}{ST^2 \times PF^2}$.

vel $\dfrac{pF}{SP^2 \times pM^2}$. Producantur PS, FS donec circuli osculatoris peripheriæ occurrant, erit pF : PF = PF : pB, ideoque ob cordas PV, pB, infinitæ proximas

mas, erit $pF = \frac{PF^2}{PV}$, ac proinde vis centralis quæ erat ut $\frac{PF}{ST^2 \times PF^2}$ fiet $= \frac{1}{ST^2 \times PV}$. Tandem in triangulis rectangulis similibus STP, PVN, erit $SP : ST = PN : PV$, ideoque $PV = \frac{SP}{ST \times PN}$, & $PV \times ST^2 = \frac{SP}{ST^3 \times PN}$. Hinc formula præcedens evadit $\frac{SP}{ST^3 \times PN}$.

Hæc formula generalis ad ellipticam planetarum orbitam transferri facile poterit, si radium osculatorem in ellipsi inveniamus, quod facile præstari poterit. Sint MO, DN, diametri conjugatæ ellipseos, cujus axes Ss, IL, (Fig. 35.) sitque punctum K, in circumferentia circuli per tria puncta infinite proxima M, m, μ, transeuntis, erit $\mu H \times Hm = MH \times HK$, vel $\mu H^2 = MH \times HK$. Sed $\mu H^2 : MH \times HO = CD^2 : CM^2$ (ex appendice ad Geometriam), ergo $MH \times HK : MH \times HO = CD^2 : CM^2$, vel $HK : HO = CD^2 : CM^2$; atque tandem ob evanescentem MH, respectu mH, erit $MK : MO (2\,CM) = CD^2 : CM^2$. Quare $MK = \frac{CM}{2CD^2}$. Jam sit MA, diameter circuli osculatoris, ducta corda AK, triangulum AKM, est

est rectangulum in K, & simile triangulo MCR, rectangulo in R, ob MA perpendicularem arcui $m\mu$, vel tangenti MX, ac proinde & diametro conjugatæ ND. Igitur MR :

$$MC = MK \left(\frac{2CD^2}{CM}\right) : MA = \frac{2CD^2}{MR},$$

ac proinde $\frac{1}{2}$ MA $= \frac{CD^2}{MR}$.

Superest ut vim centralem in ellipsi consideremus. Sit APHL ellipsis a planeta P descripta (Fig. 36.) vi centripeta tendente ad focum sive solem S. Ducatur recta TV, orbitam tangens in P, & ex focis S, Q, agantur perpendiculares ST, QV, itemque ex C, demittatur perpendicularis CK. Jam ob triangula, SPT, QPV, similia (ex natura ellipseos) erit SP : ST = PQ : QV. Quare SP + PQ : ST + QV = SP : ST; sed SP + PQ = 2CA, & ST + QV = 2CK; sunt enim distantiæ CS, CQ, æquales, ac proinde perpendicularis CK, est media arithmetice proportionalis inter perpendiculares ST, QV. Ergo 2CA : 2CK = SP : ST = CA : CK, vel PD. Præterea CA : PD = CN : CB (ex proprietate ellipseos); ergo SP : ST = CN : CB, ideoque ST $= \frac{CB \times SP}{CN}$. Tandem sit PG radius osculi in puncto P, erit PG $= \frac{CN^2}{PD}$ (ex dem).

Sed (ex appendice ad Geom.) PD $= \frac{CA \times CB}{CN}$, ergo PG $= \frac{CN^3}{CA \times CB}$. In

for-

formula generali vis centralis substituantur valores rectarum ST, PG, formula abit in hanc $\frac{SP \times CN^3 \times CA \times CB}{SP^3 \times CB^3 \times 2CN^3} = \frac{CA}{SP^2 \times CB^2 \times 2} = \frac{1}{SP^2}$, ob constantes CA, CB. Hinc patet planetam revolventem in ellipsi vi centripeta tendente ad focum servare prædictam legem, qua nempe decrescat in ratione duplicata distantiarum a foco. Hæc eadem lex obtinet quoque in aliis sectionibus conicis, sed ellipseos casum qui solus ad Astronomiam pertinet, demonstrasse satis sit.

IV. Si Parameter axis principalis dicatur π, erit $\pi = \frac{2CB^2}{CA}$ (ex append. ad Geom.); quare vis centralis quæ est ut $\frac{CA}{SP^2 \times 2CB^2}$ erit ut $\frac{1}{SP^2 \times \pi}$. Sed vis centralis est ut $\frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$ (ex dem.), ergo $\frac{1}{SP^2 \times \pi} = \frac{PF}{SP^2 \times pM^2}$; Sed pF quæ exprimit vim centralem est ut $\frac{1}{SP^2}$; ergo $\frac{pF}{\pi} = \frac{pF}{SP^2 \times pM^2}$, ac proinde $\pi = SP^2 \times pM^2$ & $\sqrt{\pi} = SP \times pM$; sed $SP \times pM$ est ut area sectoris

ris PSp; quare si corpora plura in ellipsibus revolvantur vi centripeta tendente ad focum communem, erunt sectores eodem tempore descripti in ratione subduplicata parametri axium principalium in qualibet ellipsi.

Præterea velocitas tempore infinitesimo est ut arcus descriptus Pp, & ob triangula rectangula SPT, pMP, similia, erit ST : SP $=$ pM : pP $= \frac{SP \times pM}{ST}$: Sed $\sqrt{\pi} =$ SP $\times$ pM : ergo pP $= \frac{\sqrt{\pi}}{ST}$, nempe velocitas est in ratione subduplicata parametri directe & perpendicularis ex foco ad tangentem demissæ inverse.

Tandem quo major est ellipseos descriptæ area & quo minor areæ pars dato tempore percursa, eo majus est tempus periodicum. Quare tempus periodicum est ut area tota ellipseos directe & sector dato tempore descriptus inverse; Sed sector est in ratione subduplicata parametri; ergo tempus periodicum est ut area tota directe & parametri radix quadrata inverse. Jam major axis ellipseos dicatur, d, cujus parameter π, axis minor, b, erit $\pi d = bb$ (ex append.) ac proinde $\pi d^3 = bbdd$; Sed area ellipseos est ut rectangulum ex axibus ac proinde ut, bd, $= t\sqrt{\pi}$, ubi, t, exprimit tempus periodicum, ergo $bbdd = \pi t^2$ & $\pi d^3 = \pi t^2$, nempe $d^3 = t^2$, seu temporum periodicorum quadrata sunt in ratione triplicata axium principalium in ellipsi. Hinc datis planetarum temporibus periodicis, innotescit majorum axium ratio in orbita qualibet elliptica. Ut autem n præcedenti demonstratione quæ magni sane

mo,

momenti eſt, nihil prætermittatur, ellipſium areas eſſe ut axium rectangula demonſtrabimus; quæ quidem proprietas ex appendice facile colligitur. Etenim intelligatur ſemicirculus ſuper axem principalem ellipſeos tanquam diametrum deſcriptus. Ex ellipſeos peripheria ad axem ducantur ſemiordinatæ infinite proximæ quæ circulo & ellipſi erunt communes, rectangula duabus illis ſemiordinatis comprehenſa in ellipſi & circulo erunt ut alitudines, hoc eſt, ut ſemiordinatæ, ſed ſemiordinatæ illæ ſunt in conſtanti ratione ſemidiametri circuli ad ſemiaxem minorem ellipſis, (ex propietate ellipſis & circuli.) Ergo rectangulorum omnium ſumma, hoc eſt, area circuli eſt ad aream ellipſis in ratione ſemidiametri circuli ad ſemiaxem ellipſis. Hinc comparatis duobus circulis duabuſque ellipſibus, facile colligitur areas ellipſium eſſe inter ſe ut axium rectangula, cum areæ circulorum ſint ut radiorum quadrata.

ARTICULUS II.

De planetarum denſitate & figura, præſertim de figura telluris.

I. EX articulo præcedenti innoteſcit diſtantia planerarum a ſole, ſive potius diſtantiarum ratio; quare ſi obſervetur planetarum diameter in data aliqua diſtantia, dabitur ratio ſuperficierum & magnitudinum. Etenim evidens eſt eo majorem eſſe veram planetæ diametrum, quo majorem arcum cæleſtem ſubtendit & quo major eſt planetæ diſtantia. Quare planetarum diametri veræ ſunt ut arcus quos ſubtendunt, & diſtantia pla-

planetæ conjunctim. Quia vero ſphærarum ſuperficies ſunt ut quadrata diametrorum, ſoliditates autem ut diametrorum *cubi* (ex elem. Geom.), erunt planetarum ſuperficies ut arcus ſubtenſi quadratum & diſtantiæ quadratum ſimul, magnitudines autem ut arcus ſubtenſi cubus & cubus diſtantiæ ſimul. His principiis innituntur planetarum diametri, ſuperficies & magnitudines quæ in tabulis aſtronomicis legi ſolent. Verum quod ſpectat planetarum denſitatem, qua ratione inveſtigari poſſit, jam explicavimus in Phyſica generali ubi virium centralium doctrinam tradidimus. At dolendum eſt methodos hactenus cognitas in iis tantum valere planetis qui habent Satellites; eo autem tempore quo hæc ſcribo, non ſine magna animi voluptate mihi nuntiatum eſt a clariſſimo viro D. Montaigne Aſtronomo Lemovicenſi detectum fuiſſe Veneris Satellitem cujus diſtantia a planeta primario eſt ſemidiametrorum Veneris 50, tempus autem periodicum eſt dierum 12. Præcedentis doctrinæ uſum in hoc Satellite oſtendere non abs re erit. In memoriam revocandum eſt, ex Phyſica generali, maſſas planetarum qui Satellites habent, eſſe in ratione triplicata directa diſtantiarum Satellitis a planeta primario & duplicata inverſa temporum periodicorum. Itaque multiplicetur fractio $\frac{1075}{1558}$ quæ rationem diametrorum Veneris & telluris exprimit per $\frac{50}{60}$ quæ eſt ratio diſtantiarum Satellitis a Venere & lunæ a terra, producti ſumatur cubus qui dividatur per quadratum fra-

fractionis $\frac{120}{273}$, quæ fractio exprimit rationem temporum periodicorum Satellitis & lunæ, his peractis operationibus invenitur 0, 98 qui numerus unitati proxime æqualis est; quare massa Veneris massæ telluris fere æqualis invenitur. Data autem quantitate materiæ in duobus planetis illorumque magnitudine, innotescit illorum densitas quæ est in ratione reciproca voluminis, seu in ratione reciproca triplicata diametri; factaque operatione arithmetica, invenitur densitas Veneris fere triplo major densitate telluris. Simili instituto calculo in aliis planetis invenitur densiores esse planetas soli proximiores; in qua quidem dispositione, admiranda est infinita Dei providentia; Si enim tellus nostra in orbe Mercurii aut Veneris collocata fuisset, nobis mortalibus minime foret idonea, nimio calore ebullirent aquæ oceani & in vapores dissiparentur. Contraria ratione, si ad orbem Saturni removeretur tellus, in tanta a sole distantia nimio frigore rigescerent aquæ, cito interirent animalia & plantæ. Ecquis ergo sancte non adorabit sapientissimas leges quibus reguntur atque gubernantur corpora cælestia, ita ut mutato illorum situ atque ordine perniciosissimos effectus inde nasci, totumque mundi systema perturbari oporteat?

II. Corpora cælestia hactenus consideravimus tanquam sparica; at certissimum est planetas non esse globos accurate rotundos, sed paululum compressos, ita ut axis rotationis sit paulo minor diametro æquatoris. Hanc figuram in Jove & tellure tantum observare licuit; cæteri enim planetæ sub angulis minoribus videntur, neque conspicua esse potest dia-

diametrorum inæqualitas. Verum si planetarum superficies vel totas vel ex parte immersas ponamus fluido homogeneo, qualia sunt telluris nostræ maria, rotationis motus planetis concedi non potest, nisi eos sub polis compressos, sub æquatore autem oblongatos esse concedatur. Et quidem in hac hypothesi, talis esse debet figura planetæ ut tota fluidi massa cujus partes singulæ ad planetæ centrum tendunt, maneant in æquilibrio. Etenim cum particulæ illæ (ex natura fluidorum) vi cuicumque illatæ cedant & cedendo facile moveantur inter se; ita disponi debent ut vi æquali tendant ad punctum fixum versus quod graves sunt, ac proinde & circa punctum illud consistant in æquilibrio. At si planeta sit globus accurate rotundus, jam æquilibrium cum motu rotationis conciliari nequaquam potest. Etenim superficiei planetariæ puncta singula circa axem describerent circulos eo majores & eo majori velocitate, quo a polis remotiores sunt circuli illi & æquatori propiores; hinc puncta illa versus æquatorem acquirerent vim majorem centrifugam. Hæc autem vis centrifuga ut pote contraria vi centripetæ imminueret gravitatem, & quidem eo magis quo minor foret distantia ab æquatore. Igitur particulæ fluidæ versus æquatorem minus resisterent vi qua particulæ polis proximæ tenderent ad centrum, quæ proinde particulæ refluerent ad æquatorem ibique particulas fluidas sursum cogerent ascendere, ideoque in eodem loco accumulatæ superficiem planetæ attollerent, vel quod perinde est, particulæ fluidæ in partibus æquatoris exundantes figuram planetæ mutarent. Itaque ad cavendam exundationem hanc oporteret planetam intumescere ver-

sus

ſus æquatorem ; hoc enim materiæ exceſſu compenſaretur decrementum gravitatis ex rotationis motu oriundum, atque omnia manerent in æquilibrio.

III. Ex demonſtratis evidens eſt pro majori rotationis velocitate majorem etiam eſſe planetæ compreſſionem. Hac de cauſa facile conſpicua eſt compreſſa Jovis figura ; cum planeta ille licet terra longe major, breviori quam decem horarum ſpatio ſuam rotationem abſolvat. Ex præcedentibus etiam patet inter circulos omnes quos in planetæ ſupercie fingunt Aſtronomi, æquatorem duntaxat ciculoſque æquatori parallelos vere circulos eſſe ; alii autem circuli quales ſunt Meridianus, Verticalis, Horizon &c. ad figuram ellipticam accedunt. Meridiani ſunt ellipſes quarum axis minor tranſit per polos, axis autem major æqualis eſt diametro æquatoris & in ipſo æquatoris plano : Hinc colligitur æquales meridiani cæleſtis gradus 360, accurate non reſpondere æqualibus meridiani planetarii partibus 360 ; Ita in tellure arcus meridiani terreſtris qui cæleſtis meridiani partibus æqualibus reſpondent, æquales non ſunt, ſed minores in iis locis in quibus magis convexa eſt telluris ſuperficies, majores autem ubi ſuperficies eſt magis compreſſa. Verum graviſſimam de figura telluris quæſtionem in ſequenti concluſione explicabimus.

CON-

CONCLUSIO.

QUAMVIS CERTO COGNITA NON SIT ACCURATA TELLURIS FIGURA, EAM TAMEN VERSUS POLOS COMPRESSAM ESSE DEMONSTRANT OBSERVATIONES ATQUE EXPERIMENTA.

PROB. I. Definiendæ telluris figuræ prima methodus ad duas operationes reducitur; nempe ad menſuram arcus cæleſtis inter duo terræ loca ſub eodem meridiano & in diverſis latitudinibus conſtituta, atque præterea ad locorum illorum diſtantiam terreſtrem: totam hujus methodi rationem exponemus. Arcus cæleſtis amplitudo inveſtigatur obſervando in duobus propoſitis locis ejuſdem ſtellæ altitudinem meridianam, differentia altitudinum præbet ipſam arcus amplitudinem, hoc eſt, numerum graduum in arcu cæleſti qui terreſtri locorum diſtantiæ reſpondet. Res perinde ſe habet, ſi obſervetur ſtellæ alicujus diſtantia a Zenith, deinde iter fiat ad auſtrum vel boream, donec altitudinis differentiæ ſit unius gradus; tandem locorum diſtantia geometricis operationibus capiatur, ut fieri ſolet, cæleſtis gradus menſura habebitur. Et requidem ipſa, duos fingamus obſervatores in eodem meridiano, ita ut ejuſdem ſtellæ altitudo reſpectu utriuſque Zenith uno gradu differat. Ex duobus illis locis ductæ intelligantur in meridiano tangentes duæ quæ reſpectivos horizontes determinabunt, atque ad tangentes illas agantur perpendiculares quæ lineas verticales ſeu lineas ipſorum Zenith reſpective exhibebunt. Jam vero quia ſtella immenſo fere intervallo diſtat, radii *viſuales* utriuſque

ſpe-

spectatoris ad stellam erunt paralleli, ac proinde altitudinum differentia ex diversa tantum utriusque horizontis inclinatione oriri potest. Quare angulus utriusque horizontis vel utriusque tangentis inclinatione comprehensus, erit unius gradus, ideoque etiam angulus utriusque perpendicularis. Si terra sit sphærica, duæ perpendiculares in centro concurrent, atque locorum distantia erit unius gradus sive pars 360ª meridiani. Porro evidens est ad accuratam graduum æstimationem, a refractionum erroribus liberandas esse stellarum altitudines, atque ut error minuatur adhiberi debet stella ipsi Zenith proxima, cum in Zenith refractio sit nulla & in distantia quatuor vel quinque graduum pro nulla fere haberi possit. Deinde ejusdem stellæ observationes, quantum fieri potest, eodem tempore in duobus locis haberi desiderandum est; hac enim adhibita diligentia tolluntur reductiones & correctiones, ob apparentes stellarum motus, omnino necessariæ, si observationes eodem tempore fieri non possint. Tandem si loca non sint sub eodem meridiano accurate posita, arcus amplitudo, prædictis cautionibus adhibitis observata præbet arcus cælestis amplitudinem inter duos utriusque loci circulos parallelos. Sed his præmissis jam accuratissimas observationes afferamus iisque ad definiendam telluris figuram utamur.

Si terra ponatur sphærica, gradus omnes æquales esse jam demonstravimus, nempe idem omnino iter faciendum esset in meridiano ut ejusdem stellæ altitudo gradus unius angulo cresceret vel decresceret. At si tellus non sit sphærica, gradus inæquales esse brevi ratiocinatione facile intelligitur. Ponamus primum terram sphæricam & ex molli materia compa-

pa-

pactam, eamque duabus viribus in utraque axis extremitate comprimi fingamus secundum axis directionem, ita ut axis ille contrahatur, æquator autem dilatetur; Jam tellus in utriusque axis extremitate magis erit complanata ideoque minor telluris curvatura in axe, major autem in æquatore. At quo major est telluris curvatura secundum directionem meridiani, eo brevius iter fieri necessum est secundum eandem directionem, ut observata stellæ altitudo gradus unius angulo augeatur vel minuatur. Itaque si terra sit compressa versus polos, brevius iter faciendum est in meridiano prope æquatorem quam versus polos, ut gradum unum latitudinis acquiramus vel amittamus. Igitur si terra sit compressa versus polos, gradus crescere debent ab æquatore ad polos & contra. Idem magis geometrice demonstrari posset ex *radiorum osculatorum* natura. Etenim si curvatura sit major, minor est radius osculator, ac proinde & minor circuli osculantis peripheria, ideoque minor etiam circuli gradus. Longius esset exhibere diversas graduum mensuras quæ in egregiis operibus de figura telluris nuperrime editis fuse describuntur, satis sit observare accuratissimas graduum dimensiones in id omnes conspirare ut exhibeant figuram telluris compressam ad polos, versus æquatorem oblongatam.

Prob. II. Si tellus compressa sit versus polos, generatim certissimum est gravitatem minorem esse sub æquatore & majorem sub polis, ac proinde, eadem manente longitudine, retardatur pendulorum motus pergendo a polis ad æquatorem & viceversa. At gravitatis inæqualitas conciliari non potest cum sphærica telluris figura, & majore existente vi gravita-

vitatis sub polis, tellurem versus æquatorem elatam esse demonstravimus (num. præc.). Hinc concludere licet : telluri tribuenda est figura illa quam observationes & experimenta omnino postulant; atqui &c. Ergo.

Porro quamvis tellurem versus polos compressam, & versus æquatorem oblongatam compertum omnino sit, non tamen æque certum est ellipticam esse telluris figuram, neque certo cognita est axium ratio. Et quidem ex observationibus astronomicis res non satis accurate confici videtur. In his observationibus fingitur lineam verticalem per axem telluris transire, eamque perpendicularem esse ad horizontem; ponitur etiam meridianum sive planum in quo sol, meridiei tempore, versatur, & quod transit per lineam verticalem, per axem telluris quoque transire. Verum hæc tria non ea subtilitate, quæ necessaria omnino est, determinata videntur; pendent enim ex partium telluris homogeneitate aliisque hypothesibus omnino incertis. At si ponamus diversam omnino esse & sine certa lege partium telluris densitatem, jam quia gravitas corporis ex singulis partium terræ attractionibus componitur, major vel minor partium densitas gravitatis legem omnino immutabit, atque hinc diversa axium terræ proportio pro diversa internarum partium dispositione variaque densitate. Verum quamvis certo cognita non sit telluris figura, vix tamen in dubium vocari potest figuram telluris esse quamproxime regularem & similes esse terrestres meridianos. Etenim in sequenti articulo demonstrabimus *præcessionem æquinoctiorum* ellipticæ telluris figuræ tribuendam esse, atque hæc hypothesis cum observationibus astronomicis probe consentit. Porro si ex-

teriores globi nostri partes sine ordine forent dispositæ, hæc irregularitas præcessionis phænomena & leges maxime turbaret.

Tandem ellipticam telluris figuram saltem quamproxime ostendere videntur accuratissima pendulorum experimenta. Ita se habent experimenta illa ut gravitatis incrementa quæ auctis penduli longitudinibus sunt proportionalia, satis accurate inveniantur ut quadrata sinuum latitudinis, quæ quidem observationes non solum regularem sed ellipticam quoque telluris figuram confirmant. Verum quia subtilissimæ sunt observationes illæ & in iis peccari facile potest errore quidem licet levi, in re tamen periculosa maxime gravi, ideo satis nobis erit affirmare terram versus polos compressam esse. Hæc autem conclusio comparari debet cum iis quæ in Physica generali de gravitatis variatione demonstrata sunt. Porro axis terrestris diametro æquatoris brevior statuitur differentia $\frac{1}{175}$, secundum accuratissimas observationes quas Academici Parisienses immortali labore versus polum & æquatorem habuere.

Objic. Figura telluris est admodum scabra & montibus aspera. Nullis experimentis, nullis observationibus definiri potest irregularis terræ curvatura quæ per tot anfractus & valles, per tot colles altioresque montes sese perpetuo sinuat & nulla certa lege variat. Ergo &c.... Resp. N. Cons. Quæstionis propositæ statum minus assequuntur qui hanc telluris irregularitatem objiciunt. Inæqualis admodum est externa telluris figura, in amplissima camporum planitie nulla sæpe curvatura apparet, valles autem curvaturam habent ex-

extrorsum, montes introrsum obversam; hanc irregularitatem nemo non videt. Figura hæc etiam perpetuo mutatur montium & rupium lapsu, imo in mari, mutato undarum tumore, succedentibus sibi fluctibus, telluris superficies perpetuo mutatur. Itaque dum figuram telluris investigamus, nulla montium & vallium irregularitas consideratur. Tota quæstio in eo posita est: assumpto nempe puncto quolibet in superficie terrestri, quæritur superficies continua ab eo puncto circumquaque ducta tali lege ut ad superficiem illam ubique perpendicularis sit directio gravitatis vi centrifuga affectæ. Igitur figura telluris pendet omnino ex lege gravitatis, ut sæpius observavimus, nec satis accurate & ad amussim definiri potest; attamen tellurem compressam esse ad polos, non solum ostendunt observati meridianorum gradus & instituta pendulorum experimenta, sed etiam confirmat lex analogiæ; nam accuratissimis observationibus compertum est, satis notabiliter oblongatum esse Jovis æquatorem, quæ quidem Jovis figura ex rapidissima planetæ hujus ratione repetenda est.

Inst. I. Figuræ terrestris irregularitatem nullis unquam experimentis aut observationibus definiendam demonstrant observationes astronomicæ. Terram non esse solidum ex rotatione curvæ alicujus circa axem genitum ostendunt graduum mensuræ in Gallia atque in Italia a doctissimis viris habitæ. Et quidem in Italia, eadem manente latitudine, sed mutato meridiano, gradus minor quam in Gallia observatus est. At si telluris figura regularis foret, æquales essent gradus æqualiter distantes ab æquatore, seu meridiani omnes essent similes; quod cum non observe-

 tur,

tur, hinc argumentari licet: De figura telluris nil affirmari potest, si irregulares observentur meridiani terrestres illorumque irregularitas nonnisi per observationes ubique locorum instituendas definiri possit, atqui &c. Ergo..... Resp. Dist. Maj. Et inde colligitur fieri posse ut meridiani terrestres neque similes sint neque elliptici, C.Maj. ex observationibus colligitur terram non esse versus polos compressam. N. Maj. & cons. In præsenti quæstione hoc unum ostendere volumus telluris figuram ad æquatorem esse oblongatam, quod quidem variis argumentis probavimus, quidquid sit de figuræ terrestris irregularitate. Neque necesse est singulos dimetiri longitudinis & latitudinis gradus ad determinandam hanc quam diximus telluris figuram, satis enim est varios gradus in locis valde dissitis summa diligentia metiri, factasque observationes ad alia terræ loca transferre licebit, præsertim cum id fieri, generatim saltem, postulet gravitatis & vis centrifugæ doctrina. Tandem quod spectat graduum differentiam in Gallia & Italia, hæc differentia inter utrumque gradum est hexapedarum 70 duntaxat, quarum pars dimidia, 35, unicuique gradui potest tribui. Porro si duorum minutorum secundorum error duntaxat in arcus cælestis mensura committatur, hexapedarum 32 errore in gradus mensura peccabitur. Quamvis autem minime suspecta sit clarissimorum virorum diligentia, nobis tamen facile persuademus rem tam periculosam aliis mensuris & in locis remotioribus confirmandam esse, ita ut tanta sit differentia quæ fidem omnino indubitatam faciat & in ipsam observationem refundi nequaquam possit.

Inst. II. Tellurem versus polos compressam

esse

esse concluditur ex incremento graduum pergendo ab æquatore ad polum ; at conclusionem omnino contrariam ex iisdem observationibus derivarunt doctissimi etiam in Gallia viri Picardus & alii . Et quidem sit C, centrum telluris, P , polus (Fig. 37.) EHP meridianus . Ex centro C , ducatur recta CH, comprehendens cum CE, angulum unius gradus ; fingatur EC , major quam CP ; arcus terrestris duabus rectis CH , CE , comprehensus , major erit , quam versus P , quod evidens est , ac proinde gradus major foret versus æquatorem quam versus polos ; Ergo tantum abest ut ex graduum mensura colligatur terram esse oblongatam versus æquatorem , quin contra versus polos oblongata esse debeat .... Resp. N. Conf. Allato aut fortasse alio simili paralogismo in errorem inducti fuerunt clarissimi etiam viri qui ex suis observationibus terram versus polos oblongatam esse concludebant , contra quam facere debuerunt . Totus paralogismus in eo latet , quod nempe gradus terrestris non eo determinetur angulo qui duabus lineis e centro ad circumferentiam ductis continetur , sed gradus definitur duabus perpendicularibus quæ ad telluris superficiem ductæ angulum unius gradus efficiunt . Distantia stellarum a Zenith ac proinde & illarum altitudo harum perpendicularium respectu æstimatur ; porro perpendiculares illæ per centrum telluris non transeunt , nisi tellus sit sphærica , ut antea explicavimus, atque hic est fons paralogismi . Pendulorum observationes plurimis objectionibus impugnari solent , sed his abunde satisfactum est in Physica generali .

ARTICULUS III.

De phænomenis pendentibus ex mutua planetarum actione, præsertim de æstu maris.

I. IN præcedentibus articulis planetarum orbitas velut ellipticas consideravimus, quales omnino esse debent, si nulla alia vis agat præter attractionem in solem quæ decrescat in ratione distantiarum duplicata. At mutua est, atque eadem lege, planetarum actio in se invicem; ita Saturni & Jovis actio utriusque planetæ motus perturbat pro diversa Jovis, Saturni & solis positione; verum errores ex mutua attractione oriundi in motibus lunaribus maxime fiunt conspicui. Massa solis est circiter centies septuagesies millies major massa telluris & septem mille millies major massa lunæ; cum autem tanta sit solaris massa, si cum tellure & luna conferatur, ex theoria Newtoniana intelligitur potentissimam esse in utrumque corpus solis actionem, qua fieri debet ut minoris corporis motus & orbita circa corpus majus non parum turbetur. Facile etiam patet errores illos variis de causis implicari; orbis annuus telluris est soli excentricus, & præterea orbita lunæ non est in plano orbitæ telluris, sed eam in duobus punctis seu *nodis* intersecat, atque deinde hinc & inde deflectit spatio circiter graduum quinque. Evidens autem est pro diversa virium directione diversaque velocitate multas oriri errorum ambages explicatu difficiles. Huc tota res reducitur: *datis scilicet tribus corporibus, eorum mutua positione, massa & velocitate, invenire curvas de-*

scri-

scribendas, posita attractione in ratione directa massarum & duplicata inversa distantiarum : difficillimum problema illud primus omnium aggressus est & sagacitate mirabili solvit celeberrimus vir D. Clairaut. Tantam calculorum difficultatem hic persequi non licet, sed satis sit monere hujus problematis ope comparatas fuisse lunares tabulas cælo apprime consentaneas. Hinc de laudato viro dicere licet quod de Nevvtono cecinit Hallejus : *Discimus hinc tandem qua causa argentea phæbe passibus haud æquis eat & cur subdita nulli hactenus astronomo numerorum fræna recuset.*

Ex mutua planetarum actione generatim intelligitur *apsidum* motus. *Apsides* appellant Astronomi duo illa orbitæ puncta in quibus planeta maximam vel minimam a sole aut terra distantiam obtinet; punctum maximæ distantiæ *summa apsis* dicitur, minimæ autem distantiæ punctum *apsis ima* vocatur; tandem linea per centrum orbitæ transiens & duo illa puncta conjungens *linea apsidum* nominatur. Jam vero si planeta nulla alia vi urgeatur præter attractionem in ratione distantiarum duplicata decrescentem, evidens est ex demonstratis lineam apsidum esse ipsum orbitæ ellipticæ axem majorem. At ponamus accedere vim aliam quæ tendat quidem ad ellipseos focum, sed vis tota minor sit quam in ratione duplicata inversa distantiarum, evidens est planetam in priori orbita manere non posse, sed extra ipsam debet excurrere, cum minori vi ad focum urgeatur. Quare vel planeta aliam curvam describet ipsamque ellipseos circumferentiam deseret, vel ipsam ellipsim circa focum revolvi necesse est ea lege ut planeta maneat in pristinæ orbitæ circum-

ferentia. In hoc casu, si planeta versus apsidem superiorem sit positus & ad inferiorem promoveatur, manifestum est superiorem ellipseos apsidem versus planetam promovendam esse, cum ellipseos puncta versus apsidem hanc sint magis remota a foco qui est centrum virium. Igitur axis major secundum planetæ directionem progredi debet, atque eo majori velocitate quo magis decrescit vis centripeta. At contra si crescat vis centripeta, planeta vi majori ad focum tendit; ac proinde intra ipsam ellipsim curvam aliam describeret, nisi ellipsis circa focum ita revolvi intelligatur ut planeta in iis maneat orbitæ ellipticæ punctis quæ auctæ vi centrali conveniunt. Quare apsidem superiorem quæ longius distat a foco, ab ipso planeta recedere oportet; ac proinde in hoc casu apsidem progredi necessum est secundum directionem planetæ directioni contrariam, atque eo majori velocitate quo magis crescit vis centripeta; Itaque apsidum motus per ellipsim mobilem ingeniosissime repræsentant Astronomi. Errores ex mutua attractione in motibus lunaribus oriundos generatim tantum explicabimus; nihil enim in universa Astronomia difficilius.

Apsidum motus in planetis fere nullus est, sed in luna maximus observatur; tantus nempe est ut linea apsidum lunæ eidem cæli puncto nonnisi post novem annos respondere videatur; hoc scilicet temporis intervallo apogæum lunæ progreditur ab occidente in orientem seu secundum ordinem signorum, suamque revolutionem absolvit. Singulas hujus motus circumstantias persequi res est difficillima neque ad Physices elementa pertinet, sed ex præcedentibus generatim intelligitur. Ex iisdem etiam principiis patet ratio generalis cur

mo-

moveantur orbitæ lunaris *nodi* ; etenim vires perturbantes suam quoque exercent actionem in orbitæ lunaris planum quod ad planum eclipticæ sub angulo circiter novem graduum inclinatum est. Igitur vires illæ pro diversa illarum directione, plani lunaris positionem situmque nodorum mutant. Porro quamvis pro diversa telluris, lunæ & solis positione in diversas partes agant vires perturbantes ac proinde motus directos & retrogrados per vices efficere possint ; si tamen post plures revolutiones motuum directorum summa excedat motus retrogrados, jam motus fit in consequentia, seu secundum signorum ordinem ; sic apogæum lunæ novem annorum spatio revolvitur in consequentia, sed nodi regrediuntur seu feruntur in antecedentia. Porro evidens etiam est easdem vires perturbantes in periodicis lunæ temporibus inæqualitates aliquas efficere atque etiam orbitæ lunaris excentricitatem mutare. Hæ sunt præcipuæ motuum lunarium inæqualitates ex mutua attractioue proculdubio derivandæ, sed virium perturbantium quantitatem explicare longius & difficilius foret.

II. Breviter jam consideratis lunarium motuum inæqualitatibus, eadem brevitate inæqualitates alias attingemus in telluris motibus ex lunæ gravitate oriundas. Si tellus nullum haberet Satellitem, sola vi centripeta in Solem urgeretur. At quia luna in terram gravis est, evidens fit inde turbandum esse motum telluris circa solem. Illæ tamen inæqualitates in motu annuo sunt valde exiguæ ; alioquin in motu apparenti Solis observarentur. Et quidem recensitæ jam inæqualitates lunares, actionibus Solis, Lunæ & telluris productæ, sunt valde magnæ ob Lunæ tellurisque proxi-

mitatem. Verum inæqualitates illæ e sole visæ apparere debent omnino minimæ, ac proinde motus apparens Solis parum turbatur. Præterea cum lunæ massa sit longe minor quam massa telluris, manifestum est inæqualitates ex actione lunæ in terram oriundas longe minores esse erroribus actione lunæ in terram productis. Hinc ergo intelligitur actione mutua lunæ & terræ motus Solis apparentes leviter tantum mutari, seu quod idem est motus veri telluris eodem fere modo se habent ac si tellus nullum haberet Satellitem. Attamen in Solis theoria *æquationem* adhibere solent Astronomi his erroribus convenientem, si magna calculorum subtilitate opus sit.

At gravitas lunæ in terram effectum alium satis sensibilem producit; tanta est nempe actio lunæ in terram ut in mutua plani æquatoris & eclipticæ variationem inducat. Quod ut intelligatur, aliqua in memoriam revocari debent. Poni solet in Astronomia, tellure circa solem revolvente, ipsum telluris axem sibi semper manere parallelum, ita ut cum ecliptica angulum efficiat $66^\circ \frac{1}{2}$; unde colligitur planum æquatoris esse inclinatum ad planum eclipticæ sub angulo $23^\circ \frac{1}{2}$, & planum illud productum bis tantummodo in qualibet revolutione transire per centrum solis, atque illa duo cæli puncta quibus, in his duobus casibus, respondere videtur centrum solis, dicuntur *puncta æquinoctialia*. In alio quolibet casu sol ad alterutram æquatoris partem jacet, nempe ad partem borealem tempore æstivo, & ad partem australem tempore hyberno. Puncta hæc æquinoctialia fixa non manent, sed lentissime inter stellas moveri videntur ab Oriente in Occidentem, atque hoc est phænomenum quod *æquinoctiorum præcessionem* jam ap-

appellavimus. Illud vero phænomenum ex motu retrogrado nodorum æquatoris & eclipticæ intelligitur. Etenim quemadmodum actio Solis efficit ut lunares nodi regrediantur, ita etiam si planeta aliquis circa terram prope illius superficiem revolveret in plano æquatoris, nodi regrederentur quoque. Jam ponamus augeri planetarum numerum donec se invicem tangant & annulum in æquatore componant, nodi hujus annuli regrediuntur etiam non secus ac singulorum planetarum nodi. Fingamus tandem hunc annulum telluri adhærescere, illius nodi deberent regredi sed lentiori motu, cum annulus tellurem totam cui adhæreſcit movere deberet. Jam vero quia tellus est oblongata versus æquatorem, excessus materiæ in hoc loco gerit vices annuli; sed tardior est motus nodorum æquatoris, cum partes telluris accumulatæ quibus fit ut tellus non sit sphærica, per illius superficiem sint dispersæ; ac proinde minorem producunt effectum, qui major omnino foret si addita materia in plano æquatoris sub annuli forma foret disposita. Luna in hunc annulum vim majorem exercet quam Sol ob minorem illius distantiam, & utriusque actio simul in punctis æquinoctialibus regressum inducit, ita ut temporis intervallum inter duo proxima æquinoctia quod *annum tropicum* vocant Astronomi, minus sit anno periodico quo scilicet tellus ab uno orbitæ suæ puncto ad idem punctum regreditur. Itaque generalem explicavimus præcessionis æquinoctiorum causam; Si autem ponamus tellurem proxime sphæricam & versus æquatorem oblongatam, quantitas motus Solis & Lunæ viribus in hunc annulum producta & accuratiori calculo computata cum observationibus Astronomicis præclare consentit;

quare hic rursus confirmantur quæ de figura telluris jam ante ostendimus. Hæc dicta sint de lunæ & solis actione in motum telluris, prætermissis aliorum planetarum actionibus; singuli enim planetæ, in attractionis generalis systemate, telluris motum turbare debent; sed errores inde oriundi ob maximam planetarum distantiam, vel minorem illorum massam, ab Astronomis negligi solent; verum actionem Veneris in terram, post detectum ejus Satellitem, majori diligentia nunc æstimare licebit. De his omnibus mutuæ gravitatis effectibus præclarissima opuscula tradiderunt magni quidam viri; sed sublimiorem explicarunt doctrinam quam quæ hic locum habere possit.

III. Non solum in corporum cælestium motibus sese manifestant mutuæ gravitatis effectus, sed in terrestribus quoque phænomenis & qui omnium oculis obversantur, facile conspicua est attractio. Ineptissimas de fluxu & refluxu maris Philosophorum quorumdam opiniones referre superfluum omnino est, genuinam atque omnino indubitatam hujus phænomeni causam in sequenti conclusione explicabimus.

CONCLUSIO.

EX ACTIONE LUNÆ ET SOLIS REPETENDA SUNT ÆSTUS MARINI PHÆNOMENA.

PROB. Constat æstus maris duobus oppositis motibus fluxu scilicet & refluxu. In Oceano præsertimque sub Zona torrida maxime conspicui sunt hujusmodi motus, maris aquæ per horas circiter sex fluunt versus littora eaque latissime occupant, perque horas totidem re-

refluunt inde longissime, & littora sicca relinquunt, horum motuum primus dicitur *fluxus*, alter vero *refluxus*. Ut autem conclusionem hanc recto ordine demonstremus, varia præmitti debent æstus marini phænomena. Triplex observatur æstus marini periodus, *diurna*, *menstrua* & *annua*. Periodus diurna definitur spatio horarum 24 & minutorum primorum 49, quo scilicet tempore fluxus & refluxus bis contingit, atque hoc intervallum est tempus ipsum inter transitum lunæ per meridianum & reditum ad eundem. Periodus menstrua in eo posita est quod æstus sint majores in noviluniis & pleniluniis quam in quadraturis, sive ut accuratius loquamur, in qualibet lunatione æstus contingunt maximi ubi luna 18 circiter gradibus distat a plenilunio vel novilunio, æstus autem fiunt minimi ubi luna totidem gradibus 18 distat a quadraturis. Tandem quod spectat periodum annuam, hæc in eo sita est quod æstus in diebus æquinoctialibus celebrati sint maximi in noviluniis & pleniluniis, in quadraturis autem majores sint quam in aliis lunationibus. Contra autem in diebus solstitialibus, æstus minores sunt in pleniluniis & noviluniis quam in aliis lunationibus; at in quadraturis majores quam in lunationibus aliis æstus contingunt. Ex his generalibus phænomenis jam evidens est æstum maris reciprocum magnam cum motibus lunaribus societatem habere, sed rem totam distincte explicemus. Fingamus lunam quiescere & ponamus terram esse globum solidum quiescentem, ad datam altitudinem immersum fluido homogeneo & elasticitate destituto cujus superficies sit sphærica. Ponamus deinde hujus fluidi partes singulas ad centrum globi vi gravitatis tendere, easque a sole & luna at-

attrahi; si fluidi & globi immersi partes singulæ vi æquali & secundum directiones parallelas traherentur, evidens est in hoc casu lunæ & solis actione moveri duntaxat totam globi & fluidi massam, eadem manente partium positione respectiva. At secundum attractionis leges, hemisphærii superioris partes, luminari scilicet proximiores, majori vi attrahuntur quam centrum globi, & contra vi minori attrahuntur partes hemisphærii inferioris; quare si actione solis vel lunæ centrum globi moveatur, fluidum superius vi majori attractum, ad motum vi majori tendere debet quam centrum, ac proinde ascendere debet fluidum vi quæ æqualis sit differentiæ virium quæ fluidum superius & centrum globi attrahunt. Contra hemisphærii inferioris fluidum cum minus attrahatur quam centrum globi, tardius movebitur, ideoque centrum, ut ita dicam, fugiet, hoc est, a centro recedet vi quæ circiter æqualis sit vi hemisphærii inferioris. Igitur intumescet fluidum in duobus punctis oppositis lineæ per solem & lunam transeuntis, accurrent singulæ fluidi partes ad puncta illa & eo majori velocitate quo iisdem punctis proximiores sunt. Hinc manifestum est cur aquæ maris in duobus ejusdem meridiani punctis oppositis eodem tempore intumescant atque detumescant. Hinc etiam intelligitur æstum maris non ex tota solis & lunæ actione provenire, sed ex differentia virium quas luminaria illa exercent in centrum terræ & in fluidum tam superius quam inferius; hanc virium differentiam appellabimus deinceps, *actionem solarem*, vel *lunarem*. Vires illas seorsim æstimare & cum vi gravitatis comparare docuit Newtonus & ex virium centralium doctrina demonstravit actio-

nem

nem solis esse ad vim gravitatis ut 1 ad 12868200; quamvis autem non ita accurate determinata sit actio lunaris, ut pote quia pendet ex massa lunæ nondum satis cognita, attamen ex quibusdam æstus marini phænomenis, actio lunaris fere quadruplo major invenitur actione solari; at quidquid sit de justa virium illarum differentia, certissimum est actionem lunæ multo majorem esse actione solis. Jam præcipua phænomena persequamur.

Cum aquæ intumescere debeant in eo maris loco quod lunæ imminet & in telluris puncto diametraliter opposito, aquas deprimi necessum est in distantia graduum 90 ab iisdem punctis; simili modo actio solaris efficere debet ut aquæ superiores soli subjectæ intumescant ac proinde & detumescant aquæ ab iisdem punctis distantes gradibus 90. Porro si actiones illæ duæ simul componantur, evidens est aquarum ascensum in eodem loco varietatibus plurimis esse obnoxium, tum quoad ipsam æstus marini quantitatem, tum quoad horam, pro diversa scilicet loci positione respectu solis & lunæ.

Generatim in conjunctionibus & oppositionibus luminarium, conspirant vires duæ quibus aqua tendit in solem & lunam. Nam in conjunctionibus solis & lunæ, luminaria duo supra meridianum eodem tempore transeunt; in oppositionibus autem, infra meridianum transeunte altero luminari, supra meridianum transit alterum, ac proinde aquas maris conjunctis viribus trahunt luminaria duo. Contra autem in quadraturis, aqua quæ vi solis attollitur, vi lunæ deprimitur. Etenim in quadraturis luna distat 90° a sole, ergo aquæ actioni lunari subjectæ, ab aquis soli subjectis distant

ſtant 90_0. Igitur in hoc caſu luna attollit aquas, ſol eas deprimit. Quare in Syzigiis actio lunæ conſpirat cum actione ſolari, in quadraturis autem vires duæ opponuntur, ac proinde, cæteris paribus, æſtus marini maximi eſſe debent in Syzigiis, minimi autem in quadraturis; ut demonſtrant æſtus marini phænomena.

Diei cujuslibet naturalis intervallo duplex contigint fluxus & refluxus ſolis actione productus, non ſecus ac die qualibet lunari duplex æſtus celebratur ob actionem lunæ, atque ambo illi æſtus iiſdem legibus peraguntur, hoc ſolum obſervato diſcrimine quod æſtus lunari actione producti majores ſint iis qui ſolis actioni debentur; quamvis enim ſolis maſſa longe major ſit maſſa lunæ, ob maximam tamen ſolis diſtantiam illius actio longe minor ſit actione lunari. Evidens etiam eſt ex attractionis legibus eo majorem eſſe ſolis & lunæ actionem quo minor eſt illorum a terra diſtantia. Si abſtrahamus a ſolis actione, æſtus marini altitudo maxima contingere deberet in tranſitu lunæ per meridianum, non tamen conſiderata vi inertiæ qua aquæ non ſecus ac alia omnia corpora, donatæ ſunt, qua nempe impreſſum motum ſervare conantur; hujus autem vis duplex effectus eſſe debet, horam ſcilicet qua contingeret maxima aquarum altitudo, ſecluſa vi inertiæ, debet retardare & ipſam aquarum altitudinem minuere, ut patet. Etenim ponamus terram quieſcere & lunam dato alicui terræ loco reſpondentem conſideremus; ſepoſita ſolari actione quæ lunari longe minor eſt, aqua intumeſcet in loco qui lunæ imminet. Ponamus deinde terram revolvi, hæc reſpectu motus lunaris velociſſime revolvitur, & præterea aqua quæ vi lunæ attollitur

litur & simul revolvitur cum terra, acquisitam altitudinem vi inertiæ servare nititur, interim vero recedens à luna aliquam amittit altitudinis suæ partem; quare cum duo illi effectus sibi sint mutuo contrarii, aqua telluris motu translata, intumescet versus orientem lunæ magis quam facere debuisset sine hoc motu, minus tamen ascenderet quam ascendere debuisset sub luna, quiescente tellure. Igitur telluris motus æstum marinum retardare & aquarum altitudinem minuere debet.

Post fluxum & refluxum per aliquod tempus exiguum neque ascendit mare neque descendit; aquæ enim vi inertiæ quietem & æquilibrium in utroque statu vel fluxus vel refluxus servare conantur; præterea cum telluris motus aquarum positionem mutet respectu lunæ, ac proinde & ipsius lunæ in aquas actionem, turbatur aquarum æquilibrium, & duæ illæ vires per aliquod tempus mutuo pugnant. His viribus jungi etiam debent aquarum tenacitas aliaque impedimenta plurima quæ aquarum motum retardant, proindeque efficiunt ut aquæ e statu altitudinis ad statum depressionis statim non transeant. Luna supra orientales plagas transit antequam ad occidentales perveniat, quare in prioribus locis fluxus debet citius contingere. Hæc omnia cum æstus marini phænomenis omnino consentiunt.

Si luna in æquatore semper maneret, evidens est eam 90° a polis remotam fore ac proinde sub polis nullus foret fluxus & refluxus, quare in locis polo proximis, fluxus & refluxus esset minimus & nequaquam conspicuus, præsertim si consideremus enormes glacies quæ in his locis maxime obstant aquarum motibus. Verum quamvis luna non semper maneat in æquatore; 28 gradibus duntaxat

ab

ab eo deflectit, ac proinde mirum non est quod prope polos in latitudine 65°, nullus observetur fluxus & refluxus. Jam ponamus lunam 24 horarum intervallo describere circulum æquatori parallelum, aqua in polo per totam hanc diem quiescet, cum luna eandem servet a polo distantiam. At si die sequenti alterum parallelum luna percurrat, aqua eadem quoque die in polo quiescet, sed magis minusve alta, prout luna minus magisve distabat ab incolarum polarium Zenit vel Nadir. Si consideremus locum aliquem inter lunam & polum, lunæ per superiorem meridiani partem transeuntis distantia ab eodem loco deficiet a gradibus 90 magis quam excedet gradus 90 dum luna transit per inferiorem partem meridiani. Hæc est ratio generalis cur æstus versus polum borealem majores esse soleant in parte superiori, luna in hemisphærio boreali constituta; contra autem æstus sunt minores in parte inferiori; imo longius progrediendo versus polum, unicus duntaxat fluxus & refluxus 24 horarum spatio contingit; dum enim luna est infra meridianum, a loco dato multo minus distat quam per gradus 180, imo distantia illa ita parum differt a gradibus 90 ut aquæ deprimi potius debeant quam attolli.

Cum bis tantummodo in quolibet mense contingat solem & lunam eidem cæli puncto vel iisdem punctis oppositis respondere, aquæ ut plurimum non debent sub luna vel sole immediate ascendere, sed in loco inter hæc puncta medio; ita dum luna pergit a Syzigiis ad quadraturas, hoc est, dum nondum distat a sole per gradus 90, maxima aquarum altitudo fieri debet versus occidentem lunæ, & contra dum luna pergit a quadraturis ad Syzigias.

gias. Itaque in primo casu, æstus maximus præcedere debet tertiam horam lunarem; nam aquarum inertia faceret ut aquæ intumescerent tribus horis post transitum lunæ per meridianum, at positio respectiva solis & lunæ aquarum tumorem produceret ante transitum lunæ per meridianum. Contra autem in alio casu, æstus maximus tertia hora tardior esse debet. Varia æstus marini phænomena quæ ex privatis lunæ & solis actionibus pendent, non possunt a se invicem distingui, sed simul confunduntur. Æstus lunaris actione solis aliquantulum turbatur, quod quidem singulis diebus contingere necessum est ob diei naturalis & lunaris inæqualitatem. Porro quia aquarum inertia & undulatio æstum marinum retardant, hinc fit ut æstus maximi non contingant in conjunctione vel oppositione lunæ, sed post duos vel tres æstus. Simili ratione æstus minimi contingunt paulo post quadraturas. Tandem cum hyberno tempore sol telluri proximior sit quam tempore æstivo, æstus marini qui solstitio hyberno contingunt, cæteris paribus, majores observantur quam solstitio æstivo. Præcipua æstus marini phænomena generatim enuntiasse satis sit; alia sunt plurima quæ sublimiorem postulant Algebræ doctrinam atque vix unquam explicanda. Interim concludere licet: lunæ solisque actioni tribuenda sunt phænomena illa quæ non solum cum generali attractionis doctrina probe conveniunt, sed etiam cum lunæ solisque motibus, atqui &c. Ergo.

Objic. Si attractioni lunæ referenda sint æstus marini phænomena, dum attolluntur aquæ supra meridianum, eas infra eundem meridianum deprimi necessum est; atqui observationibus compertum est aquas in eodem meridia-

ridiano æque attolli tum ſupra, tum infra horizontem. Ergo &c....... Reſp. N. Maj. Hanc objectionem adverſus attractionem Nevvtonianam jactare non deſinunt Carteſiani; *Verum* quam frivola ſit ex demonſtratis *intelligitur*; manifeſtum enim eſt aquas infra meridianum vi minori attrahi quam ſupra meridianum, atque hac attractionum inæqualitate fit ut aquæ in duobus punctis oppoſitis eodem fere modo intumeſcere videantur, ut antea explicavimus. In eo ſitum eſt Carteſianorum ſophiſma, quod nempe fingant aquas attolli tota attractione lunæ, cum attollantur duntaxat attractionum differentia, nempe differentia inter attractionem totam & illam attractionem quam luna in centrum telluris exercet.

Inſt. I. Si luna ſupra mare tranſiens ipſius aquas alliciat, poſt tranſitum vero relaxet ſicque fluxum & refluxum producat, in zona torrida ubi actio lunæ eſt potentiſſima, mare potiſſimum intumeſceret. At conſtat in inſula *D. Thomæ* appellata & ſub ipſo æquatore conſtituta, mare vix ad quatuor pedes aſſurgere; in *Molucis Philippiniſque inſulis* vix ad pedes duos aut tres, cum tamen in Belgicis oris quæ extra zonæ torridæ fines ſunt, ad octodecim uſque pedes aquæ evehantur. Sic ergo objici poteſt: In hypotheſi Nevvtoniana actio lunæ, ubi potentior eſt, æſtum majorem produceret, atqui &c. Ergo...... Reſp. Diſt. Maj. æſtum majorem produceret, ſi cætera ſint paria C. Maj. Secus N. Maj. & Conſ. Itaque in æſtimandis æſtus marini phænomenis attendi maxime debet loci conditio, æſtus magnitudo ex ipſa marium magnitudine plurimum pendet; ita nulli æſtui obnoxia obſervantur maria anguſtiori ſpatio clauſa,

clausa, liberrimus esse debet aquarum fluentium & refluentium motus atque ab oriente in occidentem satis vasto intervallo mare extensum esse oportet; quod quidem ex ipsa attractionis doctrina facile colligitur. Etenim ad producendum æstum necessaria est virium inæqualitas in diversas fluidi partes, attractio scilicet alibi major, alibi minor esse debet; Porro hæc inæqualitas ingentem satis tractum requirit; in tractu enim exiguo actio lunæ æqualem ad sensum addit vel demit gravitatem omnibus fluidi partibus quas proinde eodem semper plano horizontali terminatas esse oportet. Hinc est quod prope æquatorem ubi mare inter Africam & Americam angustum est, æstus sint multo minores quam hinc inde in zonis temperatis ubi maria late patent. Eadem ratione intelligitur quare ad littora major sit aquarum motus & ad freta angusta major esse soleat aquarum altitudo quam in aperto mari. Etenim motum actione lunæ impressum per longum tempus aquæ retinent, quæ proinde sustinentur & novis aquis advenientibus attolluntur magis ac magis, præsertim si procurrentibus aquis impedimenta objiciantur. Tale phænomenum observatur ad *Plymuthum* & pontem *Chepstovvæ* in Anglia aliisque locis plurimis. Ex his patet accuratam æstuum rationem afferri non posse nisi certissimis observationibus compertæ sint singulæ locorum circumstantiæ. Itaque quidquid demonstravimus in conclusionis probatione verum est duntaxat, si maria eodem modo se habeant. Ex his locorum conditionibus pendet quod mare *Caspium*, Mediterraneum, Balticum nullos aut fere nullos æstus patiantur; hæc enim maria sunt veluti lacus qui vel nihil vel per angustum fretum cum

oceano communicant; eam ob causam in mare Nigro & mare Caspio fere nullus esse debet fluxus & refluxus, atque & minimus etiam in mari Mediterraneo; Sed minor est in mare Baltico ob majorem illius ab æquatore distantiam. In sinu Veneto æstus est manifestissimus & maxime regularis, id vero repetendum est ex ipsa sinus Veneti figura quæ talis est ut aquas magis restringat easque ad ascensum cogat. Itaque angustiora quoque maria fluxum & refluxum pati possunt, favente locorum opportunitate. Eadem de causa intelligitur fluminum quorumdam atque etiam nonnullorum puteorum æstus; hæc phænomena procul dubio repeti debent ex occulta cum mari communicatione; quia vero incertæ & maxime irregulares sunt hujus communicationis viæ, tales æstus incertos & maxime irregulares esse oportet.

Inst. II. Præcedentibus demonstrationibus repugnare omnino videntur æstus marini phænomena quæ in portu *Tunquini* observantur. In hoc portu unicus fluxus & refluxus 24 horarum spatio absolvitur, & quidem singulari lege. Dum luna ad æquatorem accedit, nullus fit æstus & aqua immota manet. At ubi luna aliquam habet declinationem, jam deprehenditur æstus aliquis & fit maximus dum luna ad tropicos accedit. Hoc autem notandum est discrimen quod nempe, luna ad partem æquatoris borealem existente, aqua ascendat dum luna est supra horizontem, contra autem descendat si luna sit infra horizontem; nempe fluxus contingit in ortu lunæ, refluxus autem in occasu; at si luna declinationem australem habeat, contraria omnino lege æstus peragitur, aqua intumescit in occasu lunæ, refluit autem in ortu. Ergo &c.

Resp.

Resp. N. Ant. & Conf. Ex præmiſſis principiis phænomena explicantur. Phænomenum illud plane ſingulare repetit Nevvtonus ex duorum æſtuum concurſu quorum æſtuum unus ex mari auſtrali per litora Sinenſia originem habet, alter autem ex mari Indico. Cum horum æſtuum prior proficiſcatur e locis quorum latitudo eſt borealis; dum lunæ declinatio borealis eſt, & dum luna eſt ſupra horizontem æſtus fit major quam luna exiſtente ſub horizonte; alter autem æſtus qui proficiſcitur e regionibus meridionalibus quarum latitudo auſtralis eſt, major eſt dum declinatio lunæ auſtralis eſt, luna exiſtente ſupra horizontem, minor autem dum luna eſt ſub horizonte. Itaque inter æſtus illos alternis vicibus majores & minores, duo majores & duo minores ſingulis diebus ſimul recurrunt. Dum luna accedit ad æquatorem fluxuſque alterni æquales fiunt, jam æſtus omnis ceſſat & aqua quieſcit. At dum luna ad alteram tranſit æquatoris partem, fluxus qui antea erant minimi, fiunt maximi, ac proinde ubi antea contingebant æſtus maximi, nunc contingunt æſtus minimi & contra. Itaque ſingularis ille æſtus qui ad portum *Tunquini* obſervatur, ex prædictis principiis pendet; etenim idem æſtus in duos vel plures ſucceſſive advenientes diviſus, componere poteſt alios motus plane diverſos.

Inſt. III. Vis attractiva quæ mari commovendo ſatis eſſet, in experimentis pendulorum, barometrorum, in corporibus aquæ inſidentibus aliiſque id genus effectibus conſpicua maxime foret. Atmoſphæra noſtra perpetuo fluxu & refluxu tantis viribus agitata, vehementiſſimis ventorum tempeſtatibus jactaretur. Hinc concluditur; æſtus marini cauſa non

non est vis illa quæ in prædictis effectibus minime conspicua est, atqui &c. Ergo ... Resp. N. Maj. Quod primam spectat objectionis partem, certissimum est vires *illas*, licet mare commovere valeant, nullos tamen effectus sensibiles in gravitatem terrestrem exercere posse. Etenim vim solarem ad excitandos æstus marinos ita exiguam calculo invenit Nevvtonus ut minor sit vi gravitatis 12868200 vicibus; summa autem virium solis & lunæ invenitur 2032890 vicibus minor vi eadem gravitatis. Igitur cum *grani* unius differentia in pondere granorum 4000 vix sentiri possit accuratissima etiam statera, perspicuum est vires solis & lunæ simul conjunctas vicibus quingentis minores esse quam quæ pondus corporis cujusvis statera appensi sensibiliter augere vel minuere possint. Quare nec in pendulorum, barometrorum experimentis, aliisve similibus gravitatis effectibus conspicua esse poterit harum virium actio. Idem facilius intelligitur facta densitatum aeris & aquæ comparatione. Ponamus aquam in aperto mari ad pedum 60 altitudinem assurgere; loco aquæ substituatur aliud quodlibet fluidum, ad similem circiter altitudinem illud quoque debet ascendere, quod evidens est. Etenim si fluidum majorem vel minorem oceani aqua densitatem habuerit, actio solaris singulas fluidi partes attrahens, in massa tota vim majorem vel minorem in eadem ratione producet, ac proinde eædem forent fluidorum duorum velocitas atque altitudo. Ita columna aeris homogenei & ejusdem cum aere nostro densitatis ad pedum 60 altitudinem ascenderet, ejusque altitudo singulis diebus 120 pedum differentia variaret, nempe pedibus 60 in ascensu totidemque pedibus in descensu.

At

At cum mercurius aere nostro undecies millies circiter gravior sit, differentia 120 pedum in altitudine atmosphæræ linearum duarum duntaxat differentiam in altitudine barometri produceret; verum tantilla differentia aliæque variationes longe majores aliis causis innumeris tribui possunt; mirum ergo non est quod oscillationes actione solis & lunæ in barometro excitatæ difficilius distingui possint. Hortandi tamen sunt diligentiores Physici ut minimas illas differentias subtiliter & scrupulose attendant.

Quod spectat alteram objectionis partem, certum est actionem solis & lunæ quæ æstus marini causa est, per atmosphæram nostram transmitti, antequam ad maris aquas perveniat. Itaque necessum est actionem hanc, quodcumque sit illius principium, in aerem nostrum exerceri ac proinde massæ aereæ partes commoveri. Nullum ergo dubium esse videtur quin actio solis & lunæ ad generalem ventorum causam pertineat. Et quidem ex demonstratis evidens est æstus marini ventorumque originem generatim consideratam esse phænomena ejusdem generis, ac proinde ad eandem generalem causam referenda; Id autem maxime confirmant venti qui sub zona torrida ab orientali plaga, & sub zonis temperatis a plaga occidentali certis legibus spirare observantur. Ex illa actione repetendum videtur quod frequentissimis vehementissimisque ventorum procellis in certis latitudinibus jactentur naves intra tropicos. Et certe in locis oceani liberioribus quæ obstaculis minus sunt impedita, leges magis constantes in ipsa ventorum vi & directione observantur. Porro hic sermo est duntaxat de causa generali ventorum quæ solis & lunæ viribus de-

betur; neque Physicis enumerare licet alias innumeras accidentales ventorum causas, quæ ex vaporibus per aerem infinita propemodum varietate dispersis oriuntur. Neque etiam attingimus obstacula plurima quæ generalem ventorum causam turbant, illorum vim frangunt atque directionem mutant. Tandem certissimum est in generali ventorum causa solis calori partes maximas tribuendas esse; sed tot tamque difficiles conditiones ad calculum revocari nequaquam possunt. Unum observare satis erit actionem lunæ in aerem nostrum longe majorem esse quam vulgo creditur a Physicis. Absit quidem ut vanissima de lunari influxu imperitæ plebis somnia amplectamur; at cum actio lunæ ad mare turbandum vim solarem longe superet, fateri necessum est hujus planetæ actionem in aerem nostrum maximam esse & tantam ut in nostra atmosphæra plurimas diversi generis mutationes afferre possit.

APPENDIX

De quibusdam præcedentis capitis utilitatibus.

UTilissimam esse in Narteautica æstus marini doctrinam omnibus notum est, nec rem fusius probare opus est. Quamvis autem in navigationis usu tantam fortasse quantam nonnulli prædicant, utilitatem habere non videatur telluris figura, eam tamen utilitates maximas habere posse manifestum est, si ad tantam quæ necessaria est, observationum & experimentorum subtilitatem feliciter unquam pervenire possit hominum industria. At dolendum est ita imperfectum esse præsentem

navi-

navigationis ſtatum ut errores qui in æſtimando navis itinere committi ſolent, erroribus ex telluris figura oriundis longe majores ſint. Quare licet laudandi maxime ſint doctiſſimi viri qui, pro ſphæroidica telluris figura, marinas tabulas reformarunt, hæ tamen tabulæ nullius utilitatis eſſe poſſunt, donec, arte nautica ad majorem perfectionem adducta, manifeſta tandem eſſe poſſit navigationis differentia vel in ſphæra vel in ſphæroide. Itaque his prætermiſſis adhuc expectandis utilitatibus, adoleſcentes Theologiæ ſtudioſos monebimus, quod vix credi poſſet, non deeſſe perverſiſſimos homines qui phyſica mundani ſyſtematis cauſa tam impie abutuntur ut negandæ providentiæ divinæ occaſionem inde arripiant. Data ſemel, inquiunt, planetarum impulſione, conceſſaque attractione, per ſolas naturæ leges, univerſa mundi ſtructura perpetuuſque rerum ordo perſeverare debent, ſine ulla conſervantis vel dirigentis autoris providentia; tota ſcilicet natura his duobus innixa principiis, motu nempe primum impreſſo & mutua attractione, ſtabilis firmiſſimaque manebit, nec continua ſupremi artificis actione indigebit. En impietatem non ſatis deplorandam & ex iis quæ de rerum conſervatione in Metaphyſica demonſtravimus, facile refellendam. Et certe, ecquis motum materiæ impreſſit? Ecquis materiæ vim attractivam certa lege indidit? niſi rerum omnium conditor D. O. M. qui omnia uno intuitu videt eaque proinde vult exiſtere, quandiu exiſtunt. Ineptum enim eſt fingere Deum qui de rebus a ſe creatis nihil cogitat eaſque conſtitutis ſemel legibus permittit. Etenim cum Deus ſit ens infinite intelligens, ipſi præſentiſſima ſunt omnia, ac proinde res

existunt & tali modo existunt, quia Deus vult; alioqui Deus nec foret infinite intelligens nec omnipotens, seu non foret Deus. Igitur non philosophantur, sed *blasphemant* increduli homines qui materiam a Deo creatam & primo mundi initio certis legibus dispositam concedunt quidem, sed deinde iisdem legibus eam deseri & veluti sponte regi affirmant; quod explicare solent exemplo horologii affabre elaborati cujus motus sine assidua artificis manu perseverat. Hoc quidem exemplo nihil absurdius quo Deus cum hominibus comparatur; ens infinite perfectum unico intuitu complectitur omnia eaque unico voluntatis actu conservat. Hæc omnia conferantur cum iis quæ diximus in Metaphysica.

Physicam mundani systematis causam generatim exposuisse nobis satis fuit, nec vanissimas *Cosmologiæ* hypotheses recensere placuit. Duo tamen circa hypotheses illas monenda sunt. Et 1°. quidem in nullo Physices systemate licet recedere a veritatibus revelatis atque a sacris dogmatibus quæ de mundi creatione tradit Moses. 2°. Hypotheses fingere licet in iis quæ revelationis & sacræ Scripturæ autoritas non docet. Minime ergo probandi sunt severiores nonnulli Scriptores, & plus æquo religiosi, qui Physicam universam exigere volunt ad normam sacræ Scripturæ, innoxiasque hypotheses nec Scripturæ sacræ nec Ecclesiæ autoritate damnatas impietatis accusare non dubitant. Exemplo sit hypothesis Nevvtoniana de radiorum lucis a sole emanatione quam intemperantiores quidam & imperiti critici ajunt adversari primo Geneseos capiti in quo lux primo die producta dicitur, sol autem deinde creatus legitur; quam inepta & maligna sit

talis

talis accusatio, nemo non videt ; Nevvtonus enim de præsenti rerum statu loquitur & de lucis solaris propagatione . Præterea non desunt doctissimi optimique nominis Interpretes qui solis creatione ipsam Angelorum creationem intelligunt, quam quidem interpretationem non improbat Ecclesia . Neque etiam æquiores sese ostendunt Scriptores alii qui velut impiam & sacræ Scripturæ contrariam traducunt opinionem quæ terram in mundi creatione aquis coopertam fuisse contendit . In hac sententia nihil omnino est quod sacræ Scripturæ contrarium videatur , & quidem legitur in laudato capite : *Spiritus Dei ferebatur super aquas : fiat firmamentum in medio aquarum & dividat aquas ab aquis . Congregentur aquæ quæ sub cælo sunt in locum unum, & appareat arida , & vocavit Deus aridam terram .* Hic data occasione paucis verbis hortari non abs re est studiosos adolescentes ut in sacra Scriptura non prophanas quærant scientias, sed fidei dogmata morumque regulas quibus credere & sancte vivere discant ; at in philosophicis opinionibus de quibus nihil pronuntiavit Ecclesia, sese indulgentiores præbeant.

CAPUT III.

De Chronologia & Kalendario.

CHronologiæ nomine intelligitur temporum doctrina ; hæc autem innititur illustrioribus quibusdam factis seu monumentis ad quæ velut ad puncta fixa revocari solet universa temporum antiquitas ; illustriora hæc documenta quæ Chronologiæ basis sunt & fundamentum, *Epochæ* vel etiam *æræ* appel-

lantur. Neque in explicanda duntaxat atque illustranda temporum antiquitate versatur Chronologia, sed etiam *Epactarum*, *Periodorum* & *Cyclorum* ope festa *mobilia* Paschatisque celebrationem consignat atque definit. Itaque, proprie loquendo, duplex distingui debet Chronologiæ pars; prima est tota *Historica* in evolvendis factis occupata, altera autem *Mathematica* est atque *Astronomica* quæ observationes calculosque astronomicos adhibet ad figendas epochas festosque Religionis dies constituendos. Hæc ultima Chronologiæ pars Kalendarii doctrinam complectitur. Porro manifestum est temporum doctrinam clare explicari non posse, nisi de temporis mensura apud veteres præsertim usitata aliquid præmittamus.

ARTICULUS I.

De temporis partibus atque mensura.

I. OMnibus notæ sunt vulgares temporis partes, *Dies*, *Horæ*, *Hebdomades*, *Menses* & *Anni*. Dies *naturalis* qui motu apparenti solis ab oriente in occidentem definitur, est illud temporis spatium quod numeratur dum sol a meridiano vel aliquo alio circulo horario digressus ad eundem redit; naturalis dicitur ut distinguatur a vulgari die *artificiali* quæ *dies* simpliciter dicitur quatenus nocti opponitur. Non idem est apud omnes gentes diei initium; Babylonii diem auspicabantur ab ortu solis, Judæi & Athenienses ab occasu quod Itali nunc faciunt, & a sole occidente horam vigesimam quartam numerant, proximam post solis occasum ho-

horam diei *primam* vocant ; diem a media nocte olim inchoabant Ægiptii a quibus Hipparchus hunc computandi morem in Astronomiam induxit eumque secuti sunt Copernicus aliique Astronomi ; maxima tamen Astronomorum pars commodius duxerunt diem a meridie auspicari . Sed mos incipiendi diem a media nocte obtinet apud Gallos , Hispanos , Brittannos & alias plerasque Europæ gentes .

Hora alia est *æqualis*, alia *inæqualis* ; Hora æqualis est vigesima quarta pars diei naturalis ; sed præter crassiorem illam computationem , recepta est divisio horæ in sexaginta minuta prima & uniuscujusque minuti primi in sexaginta secunda &c. Hora inæqualis est duodecima pars diei artificialis , item pars duodecima noctis . Horæ inæquales dicuntur etiam *temporaneæ* eo quod diversis anni tempestatibus variæ sint ; nempe hora diurna æstiva longior est hyberna & nocturna brevior . In die autem æquinoctiali , hora diurna nocturnæ æqualis est , quare horæ æquales dicuntur *Æquinotiales* . His horis usi sunt olim Judæi, Romani, hodieque utuntur Turcæ , atque ita meridies in horam diei sextam incidit .

II Hebdomas est septem dierum spatium ; variis appellationibus hebdomadis dies distinguuntur . Cum in ipsa mundi creatione divinus artifex sex diebus cuncta digesserit , & septima tandem die *requieverit ab omni opere quod patrarat* , ad divini operis memoriam institutum videtur ut hebdomadæ septem dierum sibi succedentium ordine distinguerentur ; quorum dierum ultimus , *Sabbatum* vel *requies* diceretur , eo quod in illo olim Creator , ejusque deinde jussu homines requiescerent ;

rent; quin etiam hebdomada ipsa sabbatum & quælibet hebdomadæ dies *prima*, *secunda*, &c. *sabbati* dici consueverit, ut sæpissime in Evangelio legitur, præsertim vero cum Pharisæus gloriabatur se *bis in sabbato jejunare*. Quamvis autem Christiani, sabbati loco Dominicum diem quo Christus a mortuis surrexit, sacrum semper habuerint & singulas hebdomadæ dies *feriæ primæ*, *secundæ &c.* nomine designaverint, plerumque tamen veterem retinuerunt Ethnicorum morem qui singulis diebus planetę alicujus nomen imposuere; sic *Dominica* vel feria prima *dies solis*, secunda *lunæ* &c. appellantur. Mensis nomine proprie intelligitur illud temporis spatium quo luna Zodiacum proprio motu percurrit. Est alius mensis huic propemodum ęqualis quem solis motus metitur, estque spatium temporis quo sol unum signum, seu partem eclipticę duodecimam describit. Præter menses prędictos de quibus diximus in Astronomia, usurpatus etiam fuit mensium civilium usus; hi autem menses pro Regni alicujus aut Reipublicę instituto, pluribus vel paucioribus constant diebus. Ita Ægyptiis olim placuit mensem quemlibet diebus triginta constare, diesque illi quinque ex quibus annus constabat ultra dierum in mensibus numerum, *Epagomenæ* dicebantur.

III. Annus est vel *astronomicus* vel *civilis*; anni astronomici utramque speciem, *tropicum* scilicet & *periodicum*, in præcedenti capite explicavimus. Annus civilis in Republica aut Regno aliquo receptus, est quoque duplex, *lunaris* aut *solaris* prout lunæ vel solis motibus est accommodatus. Rursus duplex est annus lunaris, *vagus* vel *fixus*. Annus lunaris

vagus

vagus constat duodecim mensibus Sinodicis, vel duodecim lunationibus quæ diebus 354 absolvuntur. Deficit itaque hic annus a solari diebus undecim; unde fit ut annorum initia per omnes anni tempestates, 32 annorum spatio vagari debeant, atque eam ob causam vagus annus dicitur; hac anni forma utuntur Turcæ & Mahumedani. Jam vero quia duodecim lunationes deficiunt ab anno solari diebus undecim, in tribus annis solaribus lunationes 36 seu tres anni lunares deficerent a solaribus 33 diebus. Itaque ut retineantur menses in iisdem anni solaris cardinibus, anno tertio mensis integer superadditur; quod factum est, quoties opus fuerit, ut anni initium in eadem tempestate retineretur, & mensis hic superadditus *Embolimæus*, seu *intercalaris* dicebatur. In annis novemdecim, hujúsmodi menses intercalares sunt septem, annusque hujus formæ *lunaris fixus* nominatur. Tali anno usi sunt Græci, hosque imitati Romani usque ad Julium Cæsarem.

Annus civilis quem metitur solis motus, duplex quoque est vel *fixus* vel *vagus*. Vagus dicitur *ægyptiacus* quo utebantur Ægyptii, & constabat diebus 365, ac proinde ab anno tropico horis fere sex deficit; quibus sex horis neglectis fit ut quarto quolibet anno, uno die annum solarem antevertat annus vagus; ideoque quater 365 annis, hoc est, annis 1460, initium ejus vagatur per singulas anni tempestâtes.

IV. Cum annus ægyptiacus qui 365 diebus constat, fere sex horis deficiat a vero anno solari, horarum illarum ratio habenda est ut anni ægyptiaci solaribus conformes fiant. Præterea anni civilis idem initium esse debet, ab eadem scilicet diei hora; neque enim conve-

nit annum inconſtanter incipere modo ab una diei hora, modo ab alia; quod tamen contingeret, ſi ſingulis annis adderentur ſex prædictæ horæ. Quare opportunum judicatum eſt ut horæ illę trium annorum ſpatio accumulatæ, quarti anni horis ſex adderentur integrumque diem efficerent; hac enim die addita quarti anni diebus 365, idem quartus annus cum motu ſolis congruet. Hujus emendationis commodum intelligens Julius Cæſar quarto cuilibet anno diem *intercalarem* adjiciendum juſſit, ut nempe adhibita hac correctione quartus annus conſtaret diebus 366. Hęc autem dies addita eſt menſi Februario; quia vero in anno vulgari dies Februarii 24 dicitur *ſextus Kalendas Martii*, ſeu *ſextus ante Kalendas*, ſtatuit Cęſar ut quarto quolibet anno hęc dies bis diceretur ita ut in illo anno ſint bini dies quorum quilibet erit *ſextus ante Kalendas Martii*; qua de cauſa annus ille *Biſſextilis* dicebatur. Hęc forma anni a Julio Cęſare conſtituta vocabatur *Juliana*, atque hæc eſt illius diſpoſitio ut quartus annus quilibet ſit Biſſextilis dierum 366, reliqui tres communes 365 dierum. Obſervandum tamen eſt juſto majus eſſe tempus anno ſolari a Julio Cæſare tributum; nam ſol periodum ſuam in Ecliptica abſolvit diebus 365, hor. 5. min. 49, ac proinde undecim minutis primis citius curſum ſuum ſol repetit, & ab initio anni Juliani hoc temporis intervallo aberrat. Si, exempli gratia, ſol in aliquo anno, vigeſima die Martii æquinoctium meridie celebraverit, proximo anno undecim minutis ante meridiem ad æquinoctialem circulum perveniet, & anno ſequenti viginti duobus minutis ante meridiem, eundem circulum attinget, atque ita ſingulis annis ſol motu ſuo undecim minutis annum civi-

lem

lem antevertet, ac proinde annis 131 integræ diei *anticipationem* produci necessum est. Quare æquinoctium cæleste non in eodem semper anni civilis die hærebit, sed sensim versus initium anni regredietur, errore tam manifesto ut in dubium vocari non possit.

Dum tempore Concilii Niceni de Paschatis celebrandi terminis actum est, æquinoctium vernale in diem 21am Martii incidebat; sed perpetua ejusdem æquinoctii anticipatione, tandem anno Domini 1572. quo Kalendarii Juliani reformatio agitata est, observatum est solem jam a die undecima Martii æquatorem attigisse, hoc est, per integros decem dies citius quam tempore Concilii Niceni. Itaque cum summus Pontifex Gregorius XIII. æquinoctium ad diem 21. Martii restituere cuperet, dies illos decem e Kalendario exemit, statuitque ut dies undecimus Martii, vigesimus primus numeraretur; ne autem deinceps idem incommodum obreperet, cautum est ut centesimus quisque annus *communis* esset, qui secundum Juliani Kalendarii formam debebat esse *bissextilis*, at quartus quisque centesimus bissextilis maneret. Nova hæc anni forma a summo Pontifice Gregorio XIII. cujus autoritate stabilita est, *Gregorianæ* nomen habuit. Hanc receperunt Catholicæ omnes regiones atque etiam inter Protestantes plurimæ, & paucis abhinc annis Anglia quæ hactenus repugnaverat, huic emendationi subscripsit. Hæc de anno Gregoriano obiter dicta sint, rem enim fusius explicabimus in speciali articulo de Kalendario.

ARTICULUS II.

De illustrioribus Epochis præcipuisque periodis.

I. QUemadmodum in cælo sunt certa puncta a quibus Astronomi in motuum cælestium computatione initium capiunt, ita etiam sunt certa temporis puncta a quibus tanquam radicibus calculos suos inchoant Chronologi. Hæ radices *Epochæ* seu *æræ* dicuntur a quibus anni & tempora numerantur. Duplex est epocharum genus; aliæ nimirum sunt epochæ *sacræ* quæ in sacris litteris traditæ sunt vel adhibitæ, in quibus nempe annorum series ab aliqua re gesta in sacris Scripturis memorata, numeratur. Aliæ sunt *profanæ* quibus alii Scriptores utuntur & ab aliquo facto quod a profanis solum Scriptoribus memoratur, originem sumunt. Prima inter epochas sacras est illa quæ ab ipsa mundi origine incipit, diciturque epocha *orbis conditi*. De hac epocha insignes sunt controversiæ; alii contendunt mundum conditum esse ante Christum natum annis 3950. Alii Christo nascente ætatem mundi fuisse annorum 3983 affirmant. Ecclesia græca & Imperatores orientis utuntur epocha quæ mundum longe antiquiorem facit; secundum illorum æram mundus conditus est annis ante Christum 5509. Prolixius esset referre varias de mundi antiquitate opiniones, hanc quæstionem iterum revocabimus in Appendice. Aliæ sunt epochæ sacræ quamplures quarum præcipuæ sunt *diluvium*, *vocatio Abrahæ*, *exitus ex Ægypto*, *Judæi a Regibus gubernati*, *captivitas Babylonica*; Sed epochæ illæ apud varios autores variæ sunt pro diverso quod quisque am-

ple-

plectitur Chronologiæ systemate ; hanc autem Chronologiæ varietatem , paucis deinde quantum licet , expendemus atque etiam æræ Christianæ difficultates exponemus. Hujus celebris epochæ initium ex recepto Ecclesiæ usu post Dyonisii exigui tempora conjicitur in annum Urbis conditæ 753 ; Dionysius Exiguus sexto Ecclesiæ sæculo profanis epochis antea usitatis natalem Christi Domini diem substituit. Consensu unanimi recepta atque approbata fuit hæc epocha quæ ideo *vulgaris* appellatur , atque juxta hanc epocham præsens annus numeratur 1761. post Christum natum. Verum quamvis æræ Christianæ initium a prima die Januarii post Christum natum sumi debeat, quia tamen annum quo Christus natus est, nondum pro comperto habent Chronologi, hinc factum est ut, servata vulgari æra Ecclesiæ usu consecratâ , de æræ Christianæ initio varias proponant opiniones. Sed quidquid sit de illa opinionum varietate quam deinde examinabimus, nullus hodie extat in doctrina temporum vel mediocriter versatus qui Dionysianam epocham pro vera habeat. Hanc tamen epocham plurium sæculorum usu frequentatam merito retinet Ecclesia ne temporum ordo & recepta rerum ecclesiasticarum series turbentur .

II. Longe major in profanis quam in sacris epochis varietas reperitur. Inter profanas epochas antiquissima & celeberrima est *Olympiadum* epocha , cujus initium refertur ad annum 776 ante Christum natum, in ipso plenilunio post solstitium æstivum. Frequentissimi usus est hæc epocha in historia antiqua ; originem habuit ex ludis *olympicis* qui singulis quatuor annis quinto ineunte, celebrari consueverant.

Olympiadum epocha non multo posterior est

eſt epocha *Romæ* ſeu *Urbis conditæ* quæ duplex eſt, *Varoniana* & *Capitolina*; prior Urbem conditam ponit anno ante Chriſtum 753, altera anno 752. Quamvis autem priſcis temporibus præcedentium epocharum uſus apud Græcos maxime floruerit, Ptolomæus tamen aliique Aſtronomi veteres æra Nabonaſſarii Babylonii Regis ſæpiſſime uſi ſunt. Hæc autem æra cæpit anno ante Chriſtum 747. Aliæ ſunt epochæ plurimæ quas recenſere longius foret & ſuperfluum, cum in omnibus Chronologorum libris paſſim reperiantur. Verum ad perfectam epocharum omnium notitiam neceſſaria omnino eſt periodus *Juliana* quæ conſtat annis 7980. Hujus periodi initium figitur annis 764 ante mundum conditum, & nondum eſt terminata, ac proinde res omnes geſtas univerſaſque epochas complectitur. Annus ante Chriſtum fuit periodi Julianæ annus 4713, ideoque ex dato æræ Chriſtianæ anno ſtatim invenitur annus periodi Julianæ reſpondens, ſi nempe propoſito anno addantur 4713. Et contra ſi ab anno periodi Julianæ auferantur 4713, differentia præbet annum æræ Chriſtianæ quæſitum. Sed rem utiliſſimam explicemus.

III. Ex trium cyclorum lunæ, ſolis & indictionis multiplicatione conflatur periodus Juliana annorum 7980. Cyclorum illorum rationem exponemus. *Cyclus* appellatur certa ſeries numerorum ex ordine ad fixos uſque terminos progredientium & eodem deinde non interrupto ordine redeuntium. Hæc fuit cyclorum origo; revolutio nempe apparens ſolis circa terram in 24 horas pro arbitrio primum diviſa fuit, atque ad hanc diviſionem tanquam ad baſim & fundamentum revocatæ fuerunt omnes temporis menſuræ. In uſu ci-

vili

vili usurpabantur duntaxat horæ vel horarum tempora *multipla*, dies scilicet anni &c. At solis aut corporis cujusvis alterius cælestis motus annuus, neque per horas neque per tempora horarum multipla accurate mensurari & dividi potest. E. G. revolutio solis annua est dierum 365. hor. 5. m. 49, quamproxime; revolutio lunæ est dierum 29. hor. 12. min. 44. Itaque ad eliminandas fractiones obtinendosque numeros integros qui dies & annos duntaxat continerent, excogitati fuerunt cycli qui plures ejusdem syderis revolutiones comprehenderent ita ut post certam annorum seriem ad eundem cæli locum sydus rediret. Talis est celebris cyclus lunaris qui est periodus annorum 19 solarium, vel annorum 19 lunarium cum mensibus 7 intercalaribus, quo tempore elapso plenilunia & novilunia in easdem anni Juliani dies incidunt. Hæc periodus vocatur etiam *Metonica* ab autore suo Metone Atheniensi, illiusque commoditatem & excellentiam tanti faciebant veteres, ut annum cycli pro quolibet anno proposito aureis litteris inscribere consueverint, illumque *numerum aureum* appellaverint. Sed cycli hujus utilitatem explicabimus in proximo articulo ubi de Kalendario. Primus annus æræ christianæ numerum aureum habuit 2, seu cyclus initium habuit anno ante Christum natum. Quare si anno Christi cuilibet proposito addatur 1 & summa per 19 dividatur, numerus præter quotientem residuus, aureum propositi anni numerum exhibebit. Cyclus solaris est 28 annorum periodus quæ in 1 initium & in 28 finem habet. Ille autem cyclus non ita appellatur quasi ex motu solari pendeat, sed quod adhibeatur ad definiendam diem *Dominicam* quæ olim *dies solis* vocabatur.

Ta-

Talis est nempe hujus cycli periodus ut annis 28. completis, anni dies in iisdem hebdomadæ diebus recurrant. Hujus quoque cycli constructionem & usum in proximo articulo ostendemus. Cycli solaris epocha novem annis ante Christum natum incipit; quare ad inveniendum anni cujuslibet propositi cyclum solarem, numero dato addantur 9 summaque per 28 dividatur, residuum exprimet cyclum quæsitum; quotus autem cycli solaris periodos post Christum natum indicabit. Si vero nullum sit residuum, annus propositus erit ultimus cycli solaris annus; quod evidens est ex cycli solaris natura. Præter cyclos lunæ & solis est & alius cyclus qui *indictionum* dicitur, apud Romanos in diplomatibus Cæsareis frequenter usurpatus; nullam habet cum motibus cælestibus connexionem, isque nihil aliud est quam annorum 15 revolutio, quibus expletis, rursus ejusdem periodi recurrit initium. Anno ante Christum natum, indictionis numerus fuit 3; ac proinde si anno Christi addantur 3 & summa dividatur per 15, residuum erit ipse indictionis annus. His præmissis inveniendæ periodi Julianæ rationem exponamus.

Problema huc reducitur: datis annis cycli solaris, lunaris, & indictionis, invenire annum periodi Julianæ. Ex periodi Julianæ natura evidens est inveniendos esse tres numeros hujus conditionis, ut primus sit *multiplus* numerorum 19 & 15 seu eorum producti 285, at per 28 divisus relinquat numernm cycli solaris; secundus sit multiplus numerorum 28 & 15 seu eorum producti 420, at divisus per 28 relinquat numerum cycli lunaris; tertius denique sit multiplus numerorum 28 & 19, at per 15 divisus relinquat

nu-

numerum cycli indictionis. Horum numerorum summa, si minor sit 7980, erit annus periodi Julianæ quæsitus; Si autem major fuerit, dividatur per 7980 & residuus numerus erit annus periodi Julianæ. His conditionibus satisfieri facile potest ope Algebræ, primus numerus est 4845, secundus 4200, tertius 6980, ut patet; illi enim numeri habent conditiones requisitas. E. G. Sit cyclus solaris 3, lunaris 4, indictionis 5, ducatur 4849 in 3, productum erit 14535; item multiplicetur 420 per 4, habebitur productum 16800, tandem fiat multiplicatio numeri 6916 per 5, productum fiet 34580, habebiturque 69515 productorum summa, qua divisa per 7980, quotus erit 8, residuum autem 2075 exhibebit annum periodi Julianæ quæsitum. Porro ex datis conditionibus problematis patet in tota periodo unicum esse annum qui datis cyclis respondeat, ac proinde si cujusque anni cyclos in suis annalibus notassent Historici, omnis tolleretur temporum ambiguitas.

Præter periodum Julianam est & alia periodus quæ *Victoriana* a suo auctore Victorio, aut *Dionysiana* a reformatore Dionysio dicitur. Periodus illa ex cyclis solis & lunæ in se invicem multiplicatis conflatur ac proinde annis 532 absolvitur. Manifestum est præcedenti methodo inveniri posse annum periodi Dionysianæ, datis cyclorum solis & lunæ annis. Problema huc revocatur, ut nempe inveniantur duo numeri tales, quorum unus dividi possit per 28 sine residuo, at si per 19 dividatur residuum sit 1, alter autem sine residuo dividatur per numerum, 19; at si pet numerum 28 dividatur, residuum sit 1; ut patet ex natura periodi Dyonisianæ. Numeri au-

autem illi per Algebram quæſiti prodeunt 476 & 57; manifeſtum enim eſt numeros illos conditionibus propoſitis ſatisfacere. Itaque numerus cycli ſolaris datus pro quolibet anno propoſito multiplicetur per 57, itemque numerus cycli lunaris ducatur in 476. Productorum ſumma dividatur per 532, numerus reſiduus, nulla habita ratione quoti, erit annus periodi Dionyſianæ quæſitus. At ſi dato anno æræ Chriſtianæ, inveniendus proponatur annus periodi Dionyſianæ, res eſt magis expedita. Anno dato addatur numerus 475, ſumma dividatur per 532, numerus reſiduus, præter quotientem, indicat annum periodi quæſitum. Cæterum totam hujus problematis rationem arithmeticam declarare longius foret, ſatis ſit obſervare inventos numeros propoſitæ quæſtioni ſatisfacere, quod evidens eſt.

ARTICULUS III.

De Kalendario.

I. KAlendarium eſt dierum in anno civili diſpoſitio ſecundum proprios menſes & eorumdem in hebdomadas diſtributio, feſtis etiam aſſignatis. Inter varias Kalendariorum formas, Kalendarium *Julianum* & *Gregorianum* conſiderabimus. Calendarium Julianum illud eſt in quo cycli ſolaris ope diſtribuuntur hebdomadæ dies ſecundum ſeriem litterarum A, B, C, D, E, F, G; novilunia autem & plenilunia, præſertimque plenilunium Paſchale, numeri aurei ope diſponuntur. Totam Kalendarii hujus formam breviter explicabimus. Hebdomadarum diſtributio fit per littteras alphabeti ſeptem priores A, B, C, D, E, F, G, hoc ordine; prima ſcilicet Januarii dies

dies notatur littera , A , ſecunda , B , tertia C , & ita deinceps uſque ad G , quæ diei ſeptimæ affigitur ; & rurſus eodem ſervato ordine , diei octavæ iterum apponitur littera A , nonæ diei B, decimæ C, atque ſic continua litterarum repetitione , ſingulæ anni dies aliquam obtinent litteram in Kalendario , & ultimo diei Decembris adſcribitur littera A. Nam ſi 365 dies dividantur per 7 , proveniunt hebdomadæ 52 & unus præterea ſupereſt dies . Si nullus ſupereſſet dies , anni omnes ab eodem hebdomadæ die ſemper inciperent , & quilibet menſis dies in determinatum hebdomadis diem perpetuo incideret ; quia vero in anno, præter hebdomadas completas, remanet unus dies, factum eſt ut annus in eodem deſinat die a quo incepit , ac proinde proximus annus a proximo die incipit. Exempli gratia in anno communi 365 dierum, ſi annus incipit die Dominica , ultimus anni dies erit etiam dies Dominica , & primus ſequentis anni dies eſt dies lunæ . Litteris hac ratione diſpoſitis in anno communi, littera quæ primæ Januarii Dominicæ reſpondet, per totum illum annum, Dominicas indicabit, ideoque littera illa iſtius anni *Dominicalis* vocatur . Si prima Januarii dies ſit Dominica cui reſpondet littera A , ultima erit quoque Dominica, ut patet ex dictis, ac proinde annus ſequens die lunæ incipiet & Dominica cadet in diem ſeptimum cui reſpondet littera G , quæ ideo erit littera Dominicalis per totum illum annum . Si annus die lunæ incipiat , die quoque lunæ deſinet , & anno ſequente prima Januarii dies cadet in diem *Martis* , primaque Dominica cadet in ſextam menſis diem cui in Kalendario reſpondet littera F, atque eodem modo anno ſequen-

quente littera Dominicalis foret E, & hac ratione litteræ Dominicales ordine ſemper retrogrado feruntur per G, F, E, D, C, B, A. Evidens eſt, ut jam diximus, per totum annum *communem* ſeu non Biſſextilem eadem littera cujuslibet hebdomadæ diem ſemper indicari, cum Dominica ſeptem dierum ordine conſtanter redeat. Verum quoniam quartus quilibet annus eſt Biſſextilis dierum ſcilicet *366*, ultra hebdomadas 52 ſuperſunt dies duo; quare ſi annus ille incipiat die Dominica, in die lunæ terminabitur, & proximus poſt hunc biſſextilem annus a die martis incipiet, primaque ejuſdem anni Dominica in ſextam menſis diem cadet, cui reſpondet littera F, pro ſequentis anni Dominicali. Itaque cum annus biſſextilis poſt ſingulos quatuor annos recurrat, hinc manifeſtum eſt ſingulis ſeptem annis quater ſumptis, hoc eſt, 28 annorum intervallo recurrere eundem litterarum Dominicalium ordinem, qui quidem ordo, annorum biſſextilium recurſu non turbatus, ſingulis ſeptenniis rediret. Hinc oritur cyclus *ſolaris* annorum 28, de quo jam mentionem fecimus, quo nempe completo, eadem recurrit litterarum Dominicalium ſeries. Ex his autem patet qua ratione conſtrui poſſit, pro Kalendario Juliano, litterarum Dominicalium vulgaris tabula. Cycli ſolaris primus annus eſt biſſextilis cui reſpondent litteræ Dominicales, G, F. Secundi anni littera Dominicalis eſt E, tertii D, quarti C; quintus cycli annus rurſus eſt biſſextilis cui congruunt litteræ Dominicales B, A, & ita deinceps. Hinc facile comparatur tabula quæ litteras Dominicales cuilibet cycli ſolaris anno reſpondentes exhibet. Quare ſi inveniatur cycli ſolaris annus, ut antea docui-

cuimus, ſtatim patet littera Dominicalis e latere reſpondens. Si tabula duas demonſtret litteras Dominicales, quod in anno quolibet biſſextili contingit, litterarum prima valet uſque ad 24am diem Februarii *incluſive*, altera autem reliqua anni parte uſurpatur.

II. Præter hanc quam explicavimus, litterarum Dominicalium diſtributionem quæ ſtabiles dies feſtos certis anni diebus alligatos determinat, in Kalendario conſignantur etiam dies feſti mutabiles qui in diverſis annis, diverſis diebus celebrantur, qui proinde non ex ſolis, ſed ex lunæ motu pendent. Tale eſt ſanctum Paſchatis feſtum quod die Dominica poſt plenilunium *vernale* celebrari præcipit Eccleſia; plenilunium autem *vernale* illud appellatur quod in ipſam æquinoctii vernalis diem incidit vel eam proxime ſequitur. Primo itaque ad definiendum Paſchatis celebrandi tempus conſtituendum eſt æquinoctium quod diei Martii 21æ affixum ſtatuitur in Kalendario Juliano. Novilunia autem & plenilunia cycli lunaris & numeri aurei ope in eodem Kalendario definiuntur. Hac autem ratione numeri aurei diebus Kalendarii adſcribuntur; adhibito quolibet anno, pro initio cycli, cui numerus aureus I, tribuitur, notentur in ſingulis menſibus noviluniorum dies, atque eo anno e regione horum dierum ſcribatur character I; Quoniam autem, exempli gratia, novilunia accidebant Januarii 23, Februarii 21, Martii 23 &c., e regione horum dierum in cycli lunaris columna ſcribitur unitas. Sequenti anno notatis noviluniis e regione dierum quibus acciderunt, inſcribitur in numerorum aureorum columna character 2; idem fit tertio anno & ita deinceps donec abſolutus fuerit cyclus annorum 19. Juliani Kalen-

lendarii constructionem explicavimus, nunc Kalendarium Gregorianum exponamus, & deinde Kalendarium utrumque diligentius expendemus.

III. Alia est Kalendarii Gregoriani forma tum quoad litteras Dominicales, tum etiam quoad festa *mobilia*. Kalendarii reformatio sub Gregorio XIII. litterarum Dominicalium sedem mutavit; nam ineunte anno 1582, littera Dominicalis fuit G, sed demptis diebus decem post quartam diem Octobris, littera Dominicalis pro reliquo anno fuit C. Etenim anno 1582 pro die 5 Octobris diem 15am numerari decrevit summus Pontifex, ut nempe æquinoctium ad eam rejiceretur diem in quam incidebat tempore Concilii Niceni. Jam vero ejusdem anni cyclus solaris fuit 23, ac proinde G fuit littera Dominicalis (ex dem.). Quare septima dies Octobris in qua occurrit littera G, debuit esse Dominica, ideoque dies 4 Octobris cui respondet littera, D, fuit dies jovis, dies 15 cui respondet littera A, fuit dies veneris, ac proinde littera C, quæ diei 15 respondet, Dominicam diem indicabat. Quare littera Dominicalis in Kalendario Juliano litteræ Dominicalis sedem in Kalendario Gregoriano locorum quatuor intervallo præcedit; cum in primi Kalendarii forma, littera A, respondeat litteræ D, in Kalendario Gregoriano. Præterea in eodem Kalendario perpetuus non est litterarum Dominicalium ordo; nam cum annus 1600 fuerit bissextilis, communis autem fuerit annus 1700, litterarum Dominicalium seriem anno 1700 turbari oportuit; idem ordo mutabitur quoque annis 1800, 1900., 2100 &c, in omnium denique sæculorum initio, si primus sæculi annus non sit bissextilis.

Inde

Inde autem facile colligitur qua ratione in Kalendario Gregoriano cycli solaris tabula construi possit. In cyclo solari, pro Kalendario Juliano, loco litteræ G, substituatur littera C, quæ nempe respondeat cyclo solari 23, atque ita facile comparabitur cycli solaris tabula in Kalendario Gregoriano. At manifestum est tabulam illam valere duntaxat ab anno 1682 usque ad 1700. Etenim cum singulis quater centesimis annis unicus duntaxat annus centesimus sit bissextilis in Kalendario Gregoriano, bissextiles autem sint anni singuli centesimi in anno Juliano, patet annos 1700, 1800, 1900, non esse bissextiles, quales esse debent in Kalendario Juliano, ac proinde pervertitur litterarum Dominicalium ordo. Superfluum judicamus hic describere cycli solaris tabulas quæ passim reperiuntur, satis fuit explicasse principia ex quibus intelligi & construi possunt. Cæterum litteræ Dominicales sine cyclorum ope facile inveniuntur hoc modo. Invenienda proponatur littera Dominicalis an. 1755, disponantur litteræ Dominicales hoc ordine B, A, G, F, E, D, C, addantur 55 numero 13, ob 13 annos bissextiles qui ab anno 1701 usque ad 1755 interfluxere *exclusive*, hoc est, non numerato anno 1755, fiatque divisio per 7, residuum 5 exhibet litteram Dominicalem E. Si autem annus sit bissextilis, jam litteræ per residuum numerum datæ jungenda est littera proxime sequens. Hujus operationis ratio statim patet. Etenim an. 1701 littera Dominicalis fuit B. Si anni singuli unicam haberent litteram diviso, per 7 annorum numero qui ab anno 1700 elapsi sunt, quotus hanc litteram indicaret; verum annus quilibet bissextilis facit ut annus sequens litteræ unius in-

intervallo regrediatur. E. G. annus 1705 loco litteræ Dominicalis E habuit D. Igitur duo anni bissextiles efficiunt ut annus duarum litterarum intervallo retrahatur, ideoque septem anni bissextiles efficiunt ut toto septem litterarum intervallo regressus fiat; hoc est, litterarum ordo rursus incipit. En totam hujus operationis rationem ex qua etiam facile intelligitur ultimam litteram C, fore Dominicalem, si divisione facta, nullum supersit residuum.

IV. In Kalendario Gregoriano *Epactarum* ope definiuntur novilunia & plenilunia, Paschatis festum & quæ ex eo pendent festa *mobilia*. *Epactam* appellant Chronologi mensis solaris & mensis lunaris synodici differentiam, vel etiam differentiam anni solaris & anni lunaris Synodici, aut etiam plurium utcumque mensium aut annorum solarium itidemque lunarium numero æqualium differentiam. Igitur Epactæ vel sunt *annuæ* vel *menstruæ*, prout nempe sunt annorum vel mensium solarium & lunarium differentiæ. Itaque cum annus Julianus sit 365 dier. 6 hor., annus autem lunaris sit 354 dier. 8 hor. 48′ 38″, epacta annua est 10 dier. 21 hor. 11′ 22″, hoc est, dierum circiter 11, ideoque duorum annorum Epacta est dier. 22, annorum trium epacta est dier. 33 vel potius dierum 3, cum 30 dies constituant mensem *embolismicum*, sive *intercalarem*. Simili ratione epacta annorum 4 erit dierum 14 & ita deinceps, ac proinde epacta anno quolibet 19°. erit 30 vel 0. Quare vigesima epacta erit 11, ac proinde epactarum cyclus cum numero aureo, seu epactarum cyclo annorum 19 desinit, & cum eodem rursus incipit.

Præterea cum menses lunares post singulos

19

19 annos iidem redeant, hoc est, desinente hac periodo iisdem diebus recurrant, ita differentia inter annum solarem & lunarem post annos 19 eadem redit. Quia vero anno lunari hæc addenda est differentia ut cum anno solari concilietur, sive ut anno solari æqualis fiat, differentiæ illæ quæ ad singulos cycli lunaris annos respective pertinent, *Epactæ annuæ* vel simpliciter *Epactæ* appellantur. Quare Epactæ nomen in usu vulgari significat numerum anno lunari addendum ut cum solari congruat. Ex hac mutua cycli lunaris & cycli epactarum connexione pendet regula quæ ad inveniendam epactam dato cuilibet cycli lunaris anno convenientem adhiberi solet; multiplicetur nempe datus cycli lunaris annus per numerum 11; si productum sit minus quam 30, pro epacta quæsita haberi debet; Si autem majus sit, hoc dividatur per 30; facta divisione, quod residuum est erit epacta quæsita. Porro ex his præceptis evidens est epactam inventam esse *Julianam*; qua ratione inveniri possit epacta *Gregoriana*, mox præscribemus. Interim patet epactæ ope pro quolibet anno dato inveniri posse novilunii dies. Anni dati epacta mensis numero addatur, sumpto initio a mense Martio *inclusive*; si summa minor fuerit quam 30, hæc ex 30 subtrahatur; Si major hæc auferatur ex 60, quod remanet novilunii diem indicabit. Si pro mensibus Januario & Martio quæratur novilunium, tunc epactæ nihil addi debet in utroque casu: at si pro mensibus Februario & Aprili inveniendum sit novilunium, unitas addenda est. E. G. Si invenienda proponatur mensis Decembris dies in quam incidit novilunium an. 1711. cujus epacta erat 22; dies quæsita erit 28 Decembris, nam 22 + 10 =

32 & 60 32 = 28. Tota operationis ratio manifesta est; nam cum epacta sit 22, ætas lunæ prima die Martii erit dierum 22, prima autem die Aprilis erit dierum circiter 23, prima die Maji dierum 24 &c. cum enim Epacta dierum 11 intervallo annuatim crescat, fingi potest eam unius diei intervallo circiter per menses crescere a mense Martio usque ad Decembrem. Itaque prima die Decembris lunæ ætas erit dierum 32, hoc est, novilunium jam duobus ante diebus contigit. Quare ut pro mense Decembri habeatur novilunii dies, ex numero 30 auferatur 2, vel ex 60 subtrahatur 32. Inventa autem novilunii die, ætas lunæ pro quolibet die dato statim colligitur.

V. Epacta Juliana a Gregoriana distingui debet; in eo nempe sita est Epactæ utriusque differentia quod annus Julianus dierum undecim intervallo tardius incipiat quam Gregorianus. Quare inventa epacta Juliana, ab ea, si necesse sit, 30 diebus aucta, subtrahatur numerus 11, habebitur epacta Gregoriana. Ita anno 1712 epacta Gregoriana est 22, & novilunia hujus anni mense quolibet undecim diebus tardius quam in anno Juliano contingent, ut oportet. Felici autem casu accidit ut numerus dierum in anno Gregoriano differat ab anno Juliano eadem ipsa differentia qua annus solaris superat annum lunarem; ita autem fit ut epacta Gregoriana pro dato quolibet anno conveniat cum epacta Juliana anni præcedentis. Porro quia cyclus 19 annorum die una integra, spatio annorum 312, novilunia antevertit, ita etiam epactarum cyclus idem non semper obtinet; nempe in hoc casu unitate mulctari debent epactæ methodo præcedenti inventæ. Igitur accurata non est epacta quam Kalendarium exhibet; nempe si

epa-

epacta Kalendarii fuerit 22, adhiberi debet epacta 21, cum novilunium non in diem 22, sed 21 incidat. Quare elapso hoc temporis intervallo mutantur epactæ, atque ita deinceps post singulos 312 annos. Præter hanc variationis causam aliam quoque ob rationem in Kalendario Gregoriano epactarum cyclum mutari necessum est. Nam ex quatuor annis *sæcularibus*, tres non sunt bissextiles, ita ut his annis novilunia non incidant in diem quam Kalendarium indicat, sed in diem sequentem. Ita si 10 die Martii E. G. contingere debeat novilunium, ponendo annum una die auctum, novilunium illud incidet duntaxat in diem 11, si annus non augeatur. Hinc pro his casibus aliæ duæ fuerunt compositæ epactarum tabulæ quæ apud omnes Kalendarii Scriptores reperiuntur; tabularum rationem atque artificium exposuisse satis sit.

VI. Ex iis quæ hactenus de Kalendario Juliano & Gregoriano explicavimus, intelligitur Kalendarii utriusque differentia. Kalendarium Gregorianum differt a Juliano tum quoad ipsam anni formam, tum quoad epactas numero aureo substitutas, quarum usus & dispositio in Kalendario Gregoriano longe aliter se habent. Kalendarium Julianum erroribus plurimis obnoxium esse patet; Etenim in hoc Kalendario æquinoctium vernale fixum ponitur diei 21 Martii, atque cyclo 19 annorum vel numeris aureis novilunia & plenilunia constanter indicari fingitur; utrumque autem a vero longe aberrat, & in Paschatis celebratione crassiores errores inducit; quod ut demonstremus, hanc Kalendarii formam ad annum 1715 transferamus; æquinoctium vernale in Kalendario Juliano, hoc est, *stilo veteri*, ut dicunt, in diem 10 Martii incidebat, *stilo* au-

tem *novo*, nempe in Kalendario Gregoriano, in diem 21 ejusdem mensis cadebat. Plenilunium verum post æquinoctium cadebat in diem 7am Aprilis ac proinde trium dierum differentia tardius, pro ratione cycli lunaris vel numeri aurei qui plenilunium Paschale diei 10 Aprilis consignabat. At cum dies 10 Aprilis in diem Dominicam incidat, Paschatis festum secundum Kalendarii Ecclesiastici leges, ad diem 17am transferri debet; quare Pascha die 10 Aprilis celebrandum, in diem 17am caderet; hic error qui in *postpositione* plenilunii positus est, ex cycli lunaris vitio originem habet. Successu temporis ita creverant Kalendarii errores ut Paschatis celebratio nullis jam certis legibus subjici posset; qua de causa factum est ut anno 1582, quod antea dictum est, Gregorius XIII. ex mense Octobri decem dies expunxerit, & æquinoctium proprio loco, diei scilicet 21 Martii restituerit. Jussit Summus Pontifex novilunia & plenilnnia, non aureis numeris sed epactarum ope definienda esse; totam hujus reformationis artem explicavimus. Verum quamvis Kalendarium Gregorianum Juliano longe sit anteponendum, non tamen ab omni errore immune est. Etenim non obstante Gregoriana *intercalatione*, æquinoctium post vel ante 21am Martii contingere potest; die 23 Martii aliquando contingit; cadit aliquando in 19am, atque in hoc casu plenilunium quod die 20 Martii accideret, est verum plenilunium Paschale, nec tamen ut tale habetur in Kalendario Gregoriano. Præterea in eodem Kalendario tamquam luna *Paschalis* habetur plenilunium quod die 22 Martii contingit; illud tamen Paschale non est, si ante æquinoctium contingat, ac proinde in utroque casu error committitur.

Tan-

Tandem ex epactarum constructione patet fieri posse ut novilunia quæ epactarum ope inveniuntur, novilunia vera horis quibusdam præcedant vel subsequantur, ac proinde in hoc casu plenilunium Paschale in diem Sabbati potest incidere, quamvis diei Dominicæ in epactarum tabulis consignetur, & viceversa plenilunium quod in diem Dominicam cadit, diei Sabbati epacta consignaret. Quare in primo casu octo dierum intervallo tardius Pascha celebratur, in casu autem altero celebratur in ipso plenilunii die cum ipsis Judæis. Erroris exempla afferre non abs re erit: anno 1724 plenilunium verum Paschale contigit die Sabbati, 8 die Aprilis, horis 4, minutis primis 21 post meridiem, atque æquinoctium die 20 Martii contigerat. At inito per epactas calculo, plenilunium Paschale invenitur die 9 Aprilis quæ erat dies Dominica; quare, ex Kalendarii lege, festum Paschatis in diem 16am Aprilis incidit, die tamen 9 revera celebrandum. Idem contigit anno 1744, quo Paschatis festum octo diebus, quam pro veritate Astronomica, tardius celebratum est; nam plenilunium Paschale contigit die Sabbati, 28 Martii, ac proinde die Dominica sequenti celebrandum erat Paschatis festum; cum tamen, ex calculo epactarum, die 29 quæ erat Dominica, plenilunium contigerit, ideoque Paschatis celebratio ad diem 5am Aprilis erat removenda. Idem continget annis 1778, 1798, aliisque deinde annis plurimis. Itaque licet novilunia & plenilunia epactarum ope in Kalendario Gregoriano multo accuratius quam in Juliano definiantur, fieri tamen nequaquam potest ut in eundem diem cum Astronomicis pleniluniis & noviluniis accurate semper coincidant.

VII. Hic data occaſione paucis verbis obſervare non abs re erit quid conjunctionis habeat legitima Paſchatis celebratio cum ſacra Theologia. In Paſchatis celebratione primis duobus Eccleſiæ ſæculis diverſa fuit diſciplina. Aſianæ Eccleſiæ ſervantes traditionem quam a S. Joanne Evangeliſta ſe hauſiſſe prædicabant, Paſcha cum Judæis celebrarunt luna 14; aliæ autem Eccleſiæ traditioni a S. Marco acceptæ inhærentes Paſchatis celebrationem protraxerunt uſque ad Dominicam poſt lunam 14^{am}. Hæc diſciplinæ varietas perduravit ad medium uſque ſecundum ſæculum quo S. Pii Papæ autoritate in eandem cum latinis diſciplinam convenerunt Aſiani. Hæc celebrandi Paſchatis conſuetudo a ſummo Pontifice praſcripta Conciliorum decretis & præſertim Concilii Niceni definitione fuit confirmata, ſtatutumque eſt: *Paſcha celebrandum eſſe prima Dominica poſt lunam* 14^{am} *primi menſis, ita ut tamen, luna* 14. *in diem Dominicam incidente, Paſchatis celebratio ad Dominicam proxime ſequentem transferri debeat*. Ex Concilii Niceni decreto intelligitur ad legitimam Paſchatis diem definiendam quatuor eſſe neceſſaria. 1°. Nota ſit oportet anni ſolaris dies quo ſol primum Arietis gradum ingreditur. 2°. Nota quoque eſſe debet dies novilunii cujus luna 14 vel in diem æquinoctii vernalis incidat, vel proxime poſt ipſum æquinoctium vernum. 3°. Cognita ſit oportet luna illa 14. 4°. Tandem notum eſſe debet in quam menſis diem incidat Dominica quæ lunam 14^{am} primi menſis proxime ſequitur. Hæc quidem omnia, quoad uſum eccleſiaſticum, ſatis accurate præſtat explicata Kalendarii doctrina, non tamen ea diligentia quæ Concilii Niceni decretis adamuſſim reſpondere

dere possit ita ut nostri Paschatis dies cum Judæorum Paschate nunquam concurrat.

Immerito tamen Ecclesiam quis reprehenderet quasi in Paschatis celebratione cum *Quartodecimanis* errare possit; quod quidem objiciunt aliqui, nec quæstionis theologicæ nec Kalendarii doctrinæ satis periti. Qui summorum Pontificum & Concilii Niceni decretis pertinaciter obstiterunt, tanquam hæretici damnati fuere, quibus, ab hæresi sua, hæsit *Quartodecimanorum* nomen. In hac celeberrima de Paschatis celebratione controversia distingui debent partes duæ, quarum una spectat disciplinam, altera vero ad dogma pertinet. Disciplina posita est in mero Paschatis celeblandi ritu, qui quidem ritus libere usurpari potuit, antequam Ecclesiæ præceptum accederet. Theologis notissimæ sunt litteræ quibus S. Ireneus Victorem Summum Pontificem hortatur ut Majorum suorum exemplo Asianorum consuetudini ac disciplinæ indulgeat. Quæstionis pars alia cum dogmate conjuncta in eo consistit, quod *Quartodecimani* non solum Pascha celebraverint luna 14, sed etiam Paschatis tali die celebrandi præceptum atque necessitatem imposuerint, & ita ritus Mosaicos revocare tentaverint; quod *hæreticum* omnino est. Ex his autem manifestum est primam quæstionis partem quæ mera est consuetudo atque disciplina, ex Ecclesiæ institutione pendere, ideoque nullius erroris reprehendi posse Ecclesiam, etiamsi Pascha cum Judæis celebrari aliquando contigerit. Et requidem ipsa, talis *astronomicus* error nullo declinari potest Kalendario perpetuo, nisi ad Astronomiæ severitatem sit compositum, quod in usu vulgari non satis commodum foret atque expeditum. Quæ cum ita sint, in Pas-

chatis festorumque omnium celebratione Ecclesiæ disciplina religiose tenenda est, *Resurrectionis* Christi Domini memoria sancte recolenda, atque ita vivendum nobis est & moriendum ut tandem in vitam æternam resurgamus.

APPENDIX

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

PRæcedentis doctrinæ utilitatem in definienda æra Christiana epocharum omnium longe nobilissima, primum demonstrabimus. Quamvis æræ Christianæ initium certo figere non audeant accuratiores Chronologi, æræ tamen Dionysianæ seu vulgaris errorem facile ostendunt. Tota quæstionis hujus difficultas ex triplici capite oritur. 1°. Ex morte Herodis, quo adhuc vivente Christus Dominus natus est: *In diebus Herodis Regis*: Matth. 11. 2°. Ex imperii Augusti initio, cujus imperii anno 42. Christus natus creditur, *anno* autem 15. *Imperii Tiberii Cæsaris* Luc. 3. Tandem ex censu Populi Romani facto sub Cyrino Præside Syriæ. Cap. 11. Lucæ. De his tribus varia est Chronologorum opinio. Nonnulli mortem Herodis consignant anno ab Urbe condita 754, alii autem nonnullis ante annis. Aliqui regnum Augusti auspicantur a morte Cæsaris, alii a primo illius consulatu. Aliqui initium imperii Tiberii sumunt a morte Augusti, alii biennio ante; cum tunc temporis collega Augusti jam fuerit. Denique cum plures sub hoc principe facti fuerint Populi Romani census, annum quo contigit descriptio memorata a S. Luca, haud facile est definire. Quæstionis difficultatem augent adhibitæ

hibitæ a SS. Patribus epochæ; ii enim a Salvatoris nostri natali annos numerare non consueverant, sed primis Ecclesiæ temporibus aliæ usurpabantur epochæ, vel *æra Actiaca*, *Diocletiana*, *ab Urbe condita*, *fastorum consularium*, aut aliæ etiam pro varia populorum apud quos SS. PP. degebant consuetudine. Sed quidquid sit de illa quæstione cujus tractatio ad Chronologos proprio jure pertinet, certum est eam magna periodorum & cyclorum varietate esse implicatam, & ab iis tantum intelligi posse qui harum rerum doctrina probe sunt imbuti. Diligenter autem observandum est in Chronologicis controversiis obscuritatem maximam persæpe oriri ex ipsa periodorum hypothesi non satis accurate definita; ita si Scriptor aliquis coetaneus certo periodi Julianæ vel alterius periodi anno factum aliquod consignaverit, ejusdem facti ætas definita habebitur, dummodo tamen probe cognita sit Scriptoris hujus de usurpata periodo hypothesis. Cum enim periodi ad alias epoohas referantur, certo constare debet epocharum illarum initium, quale scilicet adhibetur a Scriptoribus quorum autoritate utimur. Quamvis ergo utilissimus sit Periodi Julianæ usus, quia tamen periodus illa fixum non habet initium si ad epocham orbis conditi vel æram Christianam referatur, hinc patet periodi hujus ope, non satis certo alicujus facti tempus indicari, nisi autor suam de periodi initio sententiam declaraverit, aut facto aliquo indubitato illustraverit. Rem præsentis quæstionis exemplo explicabimus. Refert Josephus *in antiquitatibus Judaicis*; *vita defunctum esse Herodem post detrusum regno Antigonum anno 34, ex quo a Romanis Rex declaratus est 37; regium autem fastigium*

 ade-

adeptus est Olympiade 184. Porro, cum ad Herodis mortem circiter referri possit Christianæ æræ initium, Josephi autoritate merito utuntur Chronologi, dummodo tamen Olympiadis annum certo definiant. Etenim anni Olympiadum ex orbis conditi epocha, atque ex æra Christiana pendent, ac proinde Chronologi ponunt quod est in quæstione. Quærendum igitur est factum aliud quo olympiadum annus certius determinetur, quo definito jam olympiadum epocha uti licebit tanquam puncto fixo ad quod revocari poterunt facta alia a Josepho narrata. In hunc usum adhiberi poterit eclipsis lunæ quam contigisse refert Josephus eadem nocte qua Herodis ægrotantis jussu Matthias populi seductor occisus est, & post quam Herodes brevem ægramque vitam traxisse legitur. Contigit autem eclipsis illa, ex tabulis astronomicis, anno Juliano 42, die 13 Martii, tribus horis ante ortum solis. Si eclipsim hanc aliquo olympiadum anno notasset Josephus, de anno quo mortuus est Herodes, nullum jam foret dubium ac proinde & certo figi posset æra Christiana; cum ex Chronologorum omnium consensu certissimum sit Herodem paulo post Christum natum obiisse. Cæterum ex dictis probabilissimum & historica demonstratione fere indubitatum est, æram Christianam in anno Juliano 41 vel 42 collocandam esse; quare æra vulgaris quæ nativitatem Christi consignat anno Juliano 45, tardior est annorum 3 vel 4 intervallo.

Alia est in rebus Chronologicis frequentissima ambiguitatis causa, ex diverso apud veteres Scriptores anni initio repetenda. Anni initium sumebant aliqui a mense Martio, alii a mense Januario, nonnulli a mense Decembri,

bri, & quidem etiam a variis eorumdem mensium diebus, a Paschatis festo annum auspicabantur plurimi. Ex hac varietate Chronologicas lites plurimas oriri necessum est, nisi probe cognita fuerit anni forma. Sed aliæ sunt multo graviores in annorum forma difficultates; anni nomine designari aliquando consuevit apud veteres, planetæ cujuscumque in cælo revolutio, ut testantur Diodorus Siculus, Plinius, Plutarchus aliique non pauci remotissimæ antiquitatis Scriptores. Teste Suida annus ex duobus, tribus, quatuor, sex, duodecim mensibus constabat, aliquando autem una die. Ex hac annorum varietate patet contrahendam esse remotissimam quam nonnulli populi jactant antiquitatem. Et quidem Scripturæ sacræ repugnat omnino quod de sua antiquitate fabulantur Babyloniorum, Ægyptiorum & Sinensium Annales; ac proinde tanquam fabulosa haberi debent tempora illa, vel annorum contractione ad sacram Chronologiam reducenda. Re quidem vera, in ipsa etiam Sacræ Scripturæ Chronologia non desunt varietates aliquæ, sed præterquam quod demonstrari non potest hanc, quoad Chronologiam, sacrorum Textuum diversitatem nulla ratione conciliari posse, jactata quorumdam populorum antiquitas a Sacra Chronologia longissime differt. Textus hæbreus quater mille annos circiter a creatione mundi usque ad Christum numerat, textus Samaritanus paulo majus temporis intervallum tribuit; sed versio 70 Interpretum ad sex mille annos circiter idem intervallum protrahit: en totam textuum differentiam. At referunt Caldæorum annales jam a quadringentis mille & amplius annis, Caldæos Astronomiæ operam dedisse, dum Alexander in Asiam transiit.

Eadem antiquitate gloriantur Babyloniorum, & Sinensium fasti; quæ quidem enormis temporum varietas a Scriptura Sacra ideoque a veritate immensum aberrat, nisi contracta annorum forma utamur. Hanc annorum reductionem exemplo aliquo tentabimus. Narrat Alexander Polyhistor, ex fide Berosi, servata fuisse Babylone jam ab annis 150000, antiquissimorum temporum documenta. Crassioris *anachronismi* reus facile convincitur Berosus, si animadvertamus a Nabonassaro qui 410 vel 411 annis ante Alexandrum vixit, destructa fuisse historica omnia monumenta. At si annos illos 150000 in dies contrahamus, invenientur anni 410, menses 8, dies 3, quod quidem cum Nabonassari temporibus apprime convenit. Sed de his intricatissimis rebus disputare nostrum non est, satis erit observare adversus Scripturæ Sacræ autoritatem a perversissimis viris summa impietate objici Chronologiæ sacræ varietatem; Chronologicæ enim quæstiones ad fidem & bonos mores non pertinent, atque in rebus levioris momenti amanuensium incuria errorem aliquem in Scripturam Sacram potuisse obrepere consentiunt Theologi omnes. Tandem, ut jam monuimus, demonstratum non est iniri non posse concordiam inter variorum textuum Chronologiam, licet hactenus ignotam fateamur ineundæ hujus concordiæ rationem. Hic autem data occasione, silentio prætermittere non licet celebratissimum Nevvtoni systema Chronologicum. Quingentis circiter annis mundum recentiorem esse quam a Chronologis creditur, opinatus est Nevvtonus astronomica potissimum ratione innixus. Notum est ex Astronomia puncta æquinoctialia annorum 72 intervallo uniformi fere motu retrogrado incedere. Ex

San-

Sancto Clemente Alexandrino, Chiron qui unus fuit ex celebratissimis viatoribus *Argonautis*, æquinoctium vernum gradui 15° Arietis alligavit, ac proinde solstitium æstivum in gradu cancri 15° contigit. Anno ante bellum Peloponesiacum, solstitium æstivum fixit Meto in gradu 8° cancri. Quare cum gradus unus annis 72 respondeat, septies septuaginta duo anni numerari debent ab Argonautarum expeditione usque ad initium belli Peloponesiaci, hoc est, interfluxere anni 504, non autem 700 ut Græci Scriptores referunt. Hinc concludit Nevvtonus Argonautarum expeditionem anno *909* ante Christum esse affigendam, non autem anno 400, ut vulgo creditur, ac proinde annis circiter 500 mundus junior foret. Huic astronomicæ rationi aliam adjungit Nevvtonus ex generationum æstimatione deductam. Ægyptii a *Menete* usque ad *Sethonem* numerabant generationes 341, & tres generationes spatio annorum 100 æstimabant; Græci autem generationes singulas ad annos 40 revocabant. Ægyptios Græcosque erroris reprehendit Nevvtonus; verum quidem est tres generationes ad annos 120 vulgo reduci posse; sed generationes sunt Principum imperio diuturniores; evidens enim est, si rem generatim consideremus, homines vivere diutius quam Reges regnare. Quæ cum ita sint, Nevvtonus Regum imperia constituit annorum circiter 20, hancque justam æstimationem comprobat descripta longa Regum serie. Hæc duplex est quam adhibet Nevvtonus probationis genus. Chronologiam hanc, licet excellentis ingenii virum demonstret, impugnarunt homines eruditissimi; de argumentorum vi & pondere nostrum non est judicare, atque in obscurissima factorum tem-

porum-

porumque senectute, in tanta opinionum varietate, in densissimis rerum antiquissimarum tenebris nullum inveniri potest Chronologicum systema quod non oppugnetur facilius quam probetur.

SECTIO IV.

De Geographia.

GEographiæ nomine intelligitur *Telluris descriptio*, ex qua definitione statim nascuntur diversæ Geographiæ partes. Primo enim considerandam sese offert terrestris globi superficies; hanc autem contemplari possumus velut divisam in varias regiones quæ Regum imperia Principumque ditiones constituunt atque terminant. Hæc Geographiæ pars mere historica est & ad Physicam non pertinet; hanc tamen ignorare turpe est viro cui vel mediocriter excultum est ingenium. Geographia *Physica* quam solam hic tractamus, diverso plane modo telluris superficiem considerat; diversas nempe investigat terrestris superficiei affectiones quæ ex solis positione pendent, & deinde præcipuas corporum species in ipsa telluris superficie positas expendit; ad telluris viscera descendens, intestinos rimatur variorum corpusculorum motus; ex telluris gremio tandem supra superficiem alte assurgens meteora observat illorumque causam explicat. Temporis brevitate sollicitatus, tantam rerum copiam duobus capitibus contraham; quod autem deerit, in aliis libris plurimis passim invenient qui hanc faciliorem Physices partem majori studio persequi voluerint.

CAPUT I.

De superficie terrestri præcipuisque in ea considerandis corporum speciebus.

ARTICULUS I.

De superficiei terrestris divisione illiusque variis respectu solis affectionibus.

I. UNiversam telluris superficiem per *climata* distinguunt Geographi. *Clima* appellant superficiei terrestris portionem vel *zonam* duobus circulis æquatori parallelis comprehensam; talis autem adhiberi solet hujus zonæ latitudo ut longior dies in parallelo qui polo proximior est, data quadam quantitate, E. G. Semihora, longiorem diem excedat in parallelo qui proximior est æquatori. Itaque climata numerantur ab æquatore ad polos & inter se non differunt nisi quod in climate proximo dies æstiva longior, semihoræ unius tempore longior fit vel brevior quam in climate altero. Primi climatis intervallum statuitur 8 grad. 30′, ultimum autem 3 non excedit. Hujus autem inæqualitatis ratio facile intelligetur, si varias explicaverim sphæræ terrestris positiones.

Triplex est sphæræ positio, *recta* scilicet *obliqua* & *parallela*. Angulum quem æquator & horizon comprehendunt, metitur arcus qui est complementum latitudinis ad quadrantem (ex dem. cap. 1. Astron.). Quare si angulus ille rectus sit latitudo erit nulla, & æquator per verticem incedet, omnesque æquatoris paralleli erunt ad horizontem recti, ideoque hæc sphæræ positio *recta* dicitur in qua paralleli om-

omnes ab horizonte in partes æquales secantur. Itaque mora cujusvis syderis supra horizontem æqualis est tempori quo infra eundem deprimitur, & dies noctibus perpetuo sunt æquales. Si ab æquatore versus alterutrum polum recedamus, æquator quoque recedet a vertice & ad horizontem accedet, cum illo faciens angulum obliquum; quare illa sphæræ positio dicitur *obliqua*, polusque superior supra horizontem tantum attollitur, quanta est latitudo loci; alter autem polus tantumdem infra horizontem deprimitur. Hinc patet æquatoris parallelos non secari bifariam ab horizonte; sed paralleli qui sunt versus polum superiorem, majorem habent partem supra horizontem, minorem vero infra; & quo propior est polo circulus quilibet, eo major ejus pars supra horizontem eminebit: circuli autem qui minus a polo distant quam est latitudo loci, supra horizontem toti attolluntur. Contrarium accidit in circulis parallelis versus polum inferiorem positis, quorum portiones majores infra horizontem jacent, minores supra attolluntur; si autem circuli sint polo propiores quam sit latitudo loci, perpetuo una cum stellis quæ in iisdem circulis includuntur, sub horizonte latent & nunquam fiunt conspicui. Itaque cum sol parallelum aliquem quotidie percurrat, necesse est ut ab æquinoctio verno ad solstitium æstivum dies continuo incremento noctes excedant, post solstitium decrescant ad æquinoctium autumnale, deinde ad solstitium Hyemale dies noctibus continuo breviores fiant; denique a solstitio hyberno ad æquinoctium vernum, dies adhuc sunt noctibus breviores, sed rursus continuo augentur, donec in ipso æquinoctio fiant tandem noctibus æquales. Si æquator nullum angulum cum horizonte efficiat,

ciat, ſed cum illo coincidat, in tali poſitione polus quoque cum *zenith* congruet, & æquatoris paralleli omnes erunt horizonti paralleli, atque ideo talis ſphæræ poſitio *parallela* dicitur, in qua nullæ fixæ oriuntur aut occidunt, ſed in circulis horizonti parallelis perpetuos gyros ducunt. Sol etiam cum ad æquinoctialem pervenerit, horizontem lambit; exinde verſus polum ſuperiorem digrediens nuſquam occidit, ſed diem facit longiſſimum ſex menſium. At ubi ab æquatore receſſerit ſol verſus oppoſitum polum, e contrario nunquam oritur, noxque illis fit per alteros ſex menſes. Talem ſphæræ poſitionem obtinent qui ſub polis degunt, ſi qui forte ſint qui has incolant regiones. Sphæra recta fruuntur qui ſunt ſub æquatore; tandem qui terras inter polum & æquatorem incolunt, hi habent ſphæram obliquam. Hæc omnia nihil continent difficultatis & ex elementis Aſtronomiæ antea explicatis ſtatim intelliguntur; attamen diverſas ſphæræ poſitiones in vulgari globo terreſtri Tyronum oculis demonſtrare debet Phyſices Magiſter.

His de triplici ſphæræ poſitione præmiſſis, jam climatum inæqualitatem licet intelligere, hæc ſcilicet inæqualitas pendet ex natura ſphæræ. Concipiatur in ſphæra recta dimidium tropicum cancri qui eſt ſupra horizontem, diviſum eſſe in 48 partes æquales, quæ ſingulæ æquales ſunt 3° 45′; hæ autem æquivalent horæ unius quadranti. Præterea conſideremus duas ex illis partibus horizonti proximiores quarum una ſit ad orientem poſita, ad occidentem altera; duæ autem ſimul ſumptæ intervallum ſemihoræ efficiunt & climatis unius intervallo reſpondent. His poſitis, evidens eſt climatum inæqualitatem pendere ex majori vel minori ſectionis tropici & horizontis obliquitate, pro diver-

diversa scilicet poli altitudine, qua fit ut, horizonte minus oblique tropicum secante versus partes æquales 3° 45′ ad orientem & occidentem prope horizontem positas major inde oriatur altitudinum poli differentia, quam ubi horizon magis oblique tropicum secat in iisdem punctis, 3° 45′. Quare cum differentia illa altitudinis poli quæ dimidiæ horæ in primis climatibus respondet, major sit versus æquatorem quam versus circulos polares ubi posita sunt ultima climata, hinc oritur intervallorum inæqualitas quæ multo majora sunt versus æquatorem quam versus polos.

II. Quoniam climata ab æquatore initium sumunt, primum clima ubi incipit, longiorem habet diem horarum 12; ubi autem desinit longiorem habet diem hor. 12. cum dimidia; & ita deinceps per dimidias horas progrediuntur alia climata usque ad circulum polarem in quo desinunt *horarum climata*, incipiuntque *climata mensium*, ut vocant Geographi. Quemadmodum climata horarum sunt spatia, duobus circulis æquatori parallelis comprehensa, in quibus longiorum dierum differentia est dimidiæ horæ, ita etiam climata mensium dicuntur spatia duobus circulis polari circulo parallelis comprehensa, ultra hunc circulum posita, & in quibus longior dies versus initium integro mense superat diem longiorem versus finem. Quamvis autem diversa utcumque climata fingere liceat, universam tamen telluris superficiem in quinque zonas distribuunt Geographi; nempe quatuor circuli minores in superficie telluris qui cælestibus ejusdem nominis circulis respondent, duo scilicet tropici & totidem polares terram dividunt in quinque portiones seu zonas, quarum una utroque tropico comprehensa vocatur *Torrida*, inhabi-

habitabilis a veteribus credita ob nimium caloris æstum; regiones tamen quæ in hac zona continentur nunc longe feracissimas esse, vitæ commodis incolisque abundare compertum est. Duæ sunt zonæ frigidæ sub utroque mundi polo arctico & antarctico circulis polaribus inclusæ, & ob gelu perpetuum vix habitabiles; totidem sunt zonæ temperatæ inter frigidas & Torridam comprehensæ. Zonarum illarum incolæ ratione meridianorum & parallelorum comparati dicuntur *Periæci* qui sub eodem parallelo, at oppositis ejusdem meridiani semicirculis degunt; hi quidem tempestates anni easdem experiuntur, accedente sole eodem tempore ad utriusque loci verticem & exinde recedente; at meridiei & mediæ noctis vices alternas subeunt. Alii incolæ dicuntur *Antæci* sub eodem meridiani semicirculo, at oppositis parallelis habitantes; his meridies & media nox simul contingunt, sed tempestates anni permutantur. Alii denique dicuntur *Antipodes*, qui sub oppositis meridianis æque ac parallelis versantes, adversis e diametro pedibus incedunt, ideoque vicissitudines æstatis atque hyemis, nec non meridiei & mediæ noctis, ortus & occasus siderum omnino adversos sentiunt. Præter hæc nomina, qui in zona Torrida degunt, dicuntur *Amphiscii*, eo quod eorum umbra meridiana versus utrumque polum diversis anni temporibus projiciatur. At dum sol ipsorum verticibus incumbit, fiunt *Ascii*, quia nullam projiciunt umbram meridianam. Qui zonas temperatas incolunt, dicuntur *Hetroscii*, quorum umbra meridiana versus alterutrum duntaxat mundi polum projicitur: qui in zonis frigidis sunt incolæ *Periscii* vocantur, eo quod sole non occidente, umbra illis in orbem circumagatur.

III.

III. In unaquaque harum zonarum calor & frigus certas & constantes habent vicissitudines quæ a motu solis in declinationem, aut, quod eodem redit, ex diversa solis altitudine supra horizontem trahunt originem; nam frigus tunc mitescit in zona aliqua, quando sol ad zonam illam accedit; contra calor paulatim minuitur, prout sol ab ea recedit versus plagam oppositam. Inde fit ut dum zona una calorem experitur, opposita frigus sentiat, & vicissim dum una frigore premitur, opposita calorem experiatur. Ad has vicissitudines explicandas, tres potissimæ considerari debent causæ, nempe major vel minor radiorum solarium obliquitas: major vel minor radiorum quantitas ab atmosphæræ particulis intercepta: tandem major vel minor dierum longitudo.

IV. Ut a prima causa ordiamur, in memoriam revocandum est quod de fluidorum percussione jam antea demonstravimus; idem enim valere potest ad æstimandam radiorum solarium actionem in superficiem telluris. Itaque cum fluidorum percussio crescat vel decrescat ut crescit vel decrescit quadratum sinus anguli incidentiæ, hinc colligitur virtutem radiorum solarium cum quadam obliquitate in terram incidentium esse ad virtutem radiorum incidentium cum alia obliquitate, ut quadratum sinus prioris inclinationis ad quadratum sinus inclinationis posterioris. Jam vero cum altitudines solis meridianæ in solstitiis æstivo & hyberno sint ut 3 ad 1 proxime, erit calor hac causa productus in utroque casu, cæteris paribus, ut 9 ad 1. Hinc etiam pro diversa solis altitudine supra horizontem, caloris gradum ex hac causa oriundum æstimare licet; at sole supra horizontem na-

scen-

ſcente, calor vix ſentitur ob ſinum incidentiæ nullum. Inde tamen immerito totam caloris ſummam ad calculum revocare conati ſunt aliqui; totum ſcilicet tempus quo ſol radiis ſuis terram calefacit, adhibent tanquam baſim ad quam perpendiculares fingunt ordinatas quæ ſint ut quadrata ſinuum inclinationis; per aream curvæ ordinatis illis comprehenſæ caloris ſummam dato quolibet tempore exhiberi ajunt; at fictitia omnino eſt talis curva; etenim hujus calculi autores fingunt permanentes caloris gradus ſibi perpetuo addi & eoſdem conſervari; ac proinde die deſinente, vehementior ferveret calor, quod eſt contra experientiam. Et quidem notum eſt calorem corpori alicui impreſſum per aliquod tempus tantum ſervari; ita fervente etiam æſtate, calor, labente ſole, langueſcit & ſub veſperam maxime debilitatur. At ignotum omnino eſt quibus legibus calor creſcat atque decreſcat, ac proinde talis curvæ natura nulla lege definiri poteſt. Alia eſt majoris vel minoris caloris cauſa, major nempe vel minor quantitas radiorum quos Atmoſphæra intercipit. Ille autem radiorum interceptorum numerus pendet maxime ex ipſa radiorum obliquitate. Ita radii ſolis tempore hyberno atmoſophæram noſtram magis oblique trajiciunt quam tempore æſtivo, ideoque in aere noſtro craſſiori majus occupant ſpatium. Hinc fit ut radiorum illorum pars major intercipiatur, in ſolidas atmoſphæræ particulas majori numero incurrens; pars alia diverſis refractionibus torqueatur ac debilitetur.

Tertia tandem ſupereſt cauſa quæ eſt major vel minor dierum noctiumque longitudo; quo longior enim eſt dies & brevior nox, caloris actio major ſit oportet; viciſſim quo brevior

vior est dies & nox longior, frigus erit majus, ut patet. Cum enim calor oriatur ex virtute radiorum solarium qui agunt indesinenter, atque singulis, ut ita dicam, temporis articulis aliquid caloris addunt, quo dies longior est & nox brevior, æstus eo major erit & contra. Et certe corpus durum atque compactum eo majorem concipit caloris gradum quo vehementiori atque diuturniori ignis actioni subjicitur. Quare cum tellus nostra tempore æstivo per 16 horas circiter radiis solaribus incalescat, tempore autem hyberno per octo horas duntaxat sol luceat, hinc patet potentissimam esse tertiam hanc caloris causam. Huic eidem causæ tribuendum est quod elapso post solstitium æstivum mense uno circiter, major sentiatur caloris vis quam in ipso solstitio. Etenim quamvis in die solstitii æstivi, ubi longior est solis mora supra horizontem, caloris gradus æque intensi non maneant, terram tamen nostram, quasi perpetuo calefaciunt; quamvis ergo pars aliqua caloris evanescat, si tamen descrescat minus quam crescat calor per vices additus, id tandem fieri debet ut calor per gradus augeatur, satis diu post solstitium æstivum.

V. Præter adductas caloris causas, tot sunt aliæ variabiles causæ ut caloris & frigoris temperies ullis legibus vix subjici possint. Pendet enim maxime caloris gradus ex ipsa locorum conditione, nempe ex montium proximitate, ex soli natura, ex ventorum qualitate. Montes suam concavitatem soli obvertentes, speculi caustici instar, radios solares excipiunt & vi maxima in planitiem reflectunt. Quod spectat soli naturam; si lapidibus, saxis, arena, creta abundaverit, radios magna copia in aerem reflectit. At si pingue

fue-

fuerit folum & nigricans, magnam radiorum partem abforbet, paucicrefque reflectit. Ea de caufa fit ut per fola quædam ambulantes, calorem maximum, urentibus quafi pedibus, fentiamus, temperatum autem vultu calorem experiamur; contra autem in aliis arenofis folis, vix calent pedes, dum vultus reflexorum radiorum vi vehementius incalefcit. Tandem ad caloris frigorifque temperiem maxime confert ventorum natura. In montium verticibus perpetuo fere fpirant venti, qui in planities deinde reflectuntur, ita ut ex longiori montium ferie, in certis regionibus pendeat aliquando æftatis hyemifque ratio. Unum tandem fupereft obfervandum quod maxime mirari folet imperitum vulgus, minorem effe folis a terra diftantiam tempore hyberno quam tempore æftivo, ut conftat ex fyftemate planetario atque etiam compertum eft ex diametro folis apparenti quæ major hyeme quam æftate obfervatur. Itaque patet majorem caloris gradum non ex majori terræ folifque proximitate repetendum effe, quod perfuafum habent plerique rerum phyficarum rudes. Attamen in caloris effectu æftimando, negligi omnino non debet folis a terra diftantia; cum enim calor proficifcatur a radiis folaribus, iique ita divergant ut in duplicata ratione diftantiarum a fole fiant rariores, (ex antea demonftratis) evidens eft caloris gradum, cæteris paribus, effe in ratione reciproca duplicata diftantiarum a fole. At caloris incrementum ex hac caufa oriundum longe minus eft quam quod ex minori radiorum obliquitate oritur; has generales caloris æftivi, hybernique frigoris caufas attigiffe fatis fit.

VI. Dierum inæqualitas diverfaque folis altitu-

titudo supra horizontem varias constituunt anni tempestates. Dum sol versatur in Tropico qui polo opponitur, parum attollitur supra horizontem & brevi tempore moratur. Quare solares radii sub majori obliquitate tellurem feriunt & brevi temporis spatio, ideoque minorem afferunt caloris gradum, atque hinc *Hyems*. Contra autem ubi sol versatur in Tropico qui ad poli partes positus est, sol maximam habet altitudinem, radios suos fere perpendiculariter emittit, & diutius supra horizontem moratus, potentior est, majoremque creat calorem, atque hinc *æstas*. Tandem in punctis æquinoctialibus, medium veluti statum sol obtinet, ideoque mediocres sunt actionis solaris effectus, atque hinc aliæ duæ tempestates, *Ver* & *Autumnus*. Hæc omnia & universa Geographia ex demonstratis in Astronomia facile patent; quare nihil aliud superest nisi ut de globo illiusque usu pauca addamus.

Locorum positionem in globo terrestri determinant Geographi hoc artificio. Æquatorem dividunt in 360°, atque per singula divisionum puncta & per utrumque polum ducunt meridianos; unam vero ex illis divisionibus præ cæteris adhibent, a qua divisiones alias omnes numerare placet; meridianum autem qui per hanc divisionem traducitur *primum meridianum* vocant; hujus autem meridiani honos ex Geographorum arbitrio pendet. Porro si meridianus aliquis versus orientem gradu uno distat a primo meridiano, loca in hoc meridiano posita dicuntur habere *gradum unum longitudinis* & ita deinceps de aliis meridianis. Jam diviso primo meridiano vel alio quolibet in 90° ab æquatore ad polos, per singula divisionum puncta

Geo-

Geographi traducunt circulos æquatori parallelos; singula vero puncta in circulo qui æquatori proximior est, *gradum unum latitudinis* habere dicuntur, quæ latitudo *borealis* est, vel *australis*. Simili modo puncta in circulo proxime sequenti posita, duos habent gradus latitudinis & ita deinceps. Itaque *longitudo geographica* loci alicujus est arcus æquatoris ab occidente in orientem numeratus inter primum meridianum & meridianum loci dati; *latitudo* autem *geographica* ejusdem loci est arcus circuli maximi inter æquatorem & parallelum loci dati comprehensus. Data latitudine seu altitudine poli, ad datum locum ita accommodari potest globus cœlestis vel terrestris ut Astronomica & Geographica problemata, respectu hujus loci, facile demonstret. Ad datam poli altitudinem attollatur globus cælestis, deinde lineæ meridianæ vel pixidis magneticæ ope ita disponatur ut ligneus vel metallicus circulus immobilis qui meridianum in globo exhibet, cum meridiano loci congruat. Dato loco solis in ecliptica, locus ille transferatur sub meridianum, globus in hoc situ statum cæli repræsentabit pro loco dato in ipso meridiei puncto; vertatur globus atque pro singulis quatuor gradibus æquatoris transeuntibus per meridianum, numerentur minuta quatuor, pro alia qualibet hora data repræsentabitur cæli status. Res commodius præstari solet ope circuli polo annexi & in horas 24 divisi, index horarius simul cum globo revolvens æquatoris gradus præterlapsos, ac proinde & horas indicabit. Simili ratione patet innotescere longitudinem diei ac noctis, si, loco solis constituto sub meridiano, observetur index horarius, habebitur tempus quo sol attingit hori-

zontem, ac proinde & tempus a meridie ad ortum vel occasum solis cujus temporis duplum erit longitudo diei, qua subtracta ab horis 24, habebitur longitudo noctis. Hinc etiam habebitur *amplitudo ortiva* vel *occidua* solis, punctus scilicet horizontis in quo sol oritur vel occidit. Ex his patet facili manu solvi problemata omnia quæ pendent ex motu solis. Nec difficilius dignosci notarique poterunt stellarum & planetarum loca. Disponatur enim globus eo quem diximus modo, deinde observetur in cælo stella aliqua probe cognita, E. G. Stella in media *cauda ursæ majoris*; cum hac stella comparentur stellæ aliæ in globo depictæ. Simili modo cum stellis proximis comparari poterunt planetæ. Quod spectat problemata Geographica, datis longitudine & latitudine loci, facile in globo terrestri notatur idem locus. Inveniatur in æquatore gradus longitudinis datus qui transferatur ad meridianum; deinde in meridiano computentur gradus latitudinis vel borealis vel australis; ubi numerandi finem facies, hic erit locus quæsitus; qua ratione inveniatur longitudinum differentia ex dictis patet. Statim vero innotescit locorum distantia, si circino capiatur locorum intervallum & deinde in æquatorem transferatur, gradus æquatoris in milliaria & gradus reducti ipsam locorum distantiam exhibebunt. Verum accurata graduum mensura pendet ex iis quæ de figura telluris antea disputavimus, nunc satis sit juxta recentiores observationes gradum æquatoris constituere Hexapedarum 56751. atque hinc posita telluris figura quam proxime sphærica, facile invenietur telluris magnitudo.

A R-

ARTICULUS II.

De præcipuis corporum speciebus in telluris superficie considerandis.

I. TElluris superficiem admiranda varietate vestiunt atque exornant innumera plantarum genera. Varias plantarum classes recensere rectoque ordine distribuere ad plantarum scientiam *Botanicen* præclarissimam historiæ naturalis partem pertinet; pauca generatim exponere satis erit. Et primo quidem prætermissis de *vegetativa* plantarum anima inanissimis quæstionibus, *vegetationis* nomine nihil aliud intelligimus nisi perpetuum succi nutritii circuitum quo fit ut plantæ nascantur, adolescant, crescant, nutriantur, vivant, quo deficiente nutritionem nullam accipiunt & *mori* dicuntur. Ut autem hæc omnia plantarum vitæ phænomena intelligantur, brevem plantarum structuram sive *anatomen* præmitti oportet.

Plantarum partes in *solidas* ac *fluidas* primum distinguuntur. Fluida plantarum pars est humor ille vel succus qui in plantis ipsis præsertim contusis vel resectis conspicitur. Sic E. G. ex incisis papaverum capitibus *opium* colligitur, ex resecta vite, lacrymarum instar, stillant *gemmæ*. Infinita propemodum est varietas quæ in hoc humore vel succo observatur, sive colorem, sive saporem, sive qualitates alias consideres, atque hinc oritur diversissima plantarum indoles. Solidæ partes quæ plantarum substantiam componunt, plurimæ numerantur, præsertim *radix*, *truncus*, *cortex*, *rami*, *folia*, *flores*, *fructus*; has partes singulas suo ordine persequemur. *Radix*

eſt illa pars infima plantæ quæ ſolo adhærens atque per terræ poros veluti ſerpens humorem nutritiumve ſuccum depaſcitur. Hinc innumeris illa poris eſt pervia, per quos ingreſſæ puriores ſubtilioreſque ſucci particulæ ſentim aſcendunt, nutriendæque plantæ per ramos diſtribuuntur. Unde etiam ex varia figura qua in variis plantarum generibus radicum poros præditos eſſe concipimus, ex varia quoque particularum vi attractiva, varium ſuccum variis plantis nutriendis ingredi oportet. Altera plantæ pars quæ radicem telluri infixam proxime ſequitur, & ſupra tellurem aſſurgit, vulgo dicitur *truncus* in arboribus, *caudex* vel *ſtipes*, in herbis, & leguminibus, *caulis* vel *ſcapus*, *calamus* aut *culmus* in tritico vocatur. Porro truncus aut caudex veluti plantæ ſubſtantia cenſeri poteſt ex qua rami, frondeſque erumpant, & a qua rami, fructus & folia ſuſtineantur. Hinc in arboribus plerumque durior atque rigidior conſpicitur, & in fruticibus qui vel altius aſſurgunt vel graviores fructus emittunt, iiſdemque ſuſtinendis impares forent, ut *hedera*, *vitis*, tenues radiculas truncus propagat quibus alteri plantæ, muro, vel palo adhæreant arctiſſimeque devinciantur. Plantarum plurimæ in medio trunco veluti centro *medullam* habent, quæ ſive fungoſa eſt, ut in *ſambuco*, ſive carnoſa ut in *vite*, ſive durior ut in *pinu*, ſive nullo fere diſcrimine a reliqua trunci ſubſtantia diſtincta, ut in *Ebeno*, *quercu*, aliiſque pluribus. Reliqua demum plantæ ſubſtantia quæ corticem inter atque medullam reperitur, vulgo *lignum*, *corpus lignoſum* vocatur, a Plinio dicitur *caro* quæ in arboribus quidem ſolida, in herbis vero ac fruticibus flexibilis, ſed inſtar ligni in longum fiſſilis reperitur.

Hæc

Hæc plantæ caro plurimis ſubtiliſſimiſque fibris componitur ; ejuſmodi vero fibrarum ordo vel ſeries duplex a Malpighio deſcribitur ; plurimæ nimirum fibræ in varios faſciculos collectæ in longum extenduntur , unde ligni fiſſilitas oritur . Aliæ deinde fibræ horizontaliter , ſive tranſverſum ductæ priores interſecant , iiſque inſeruntur , unde *inſertiones* a Grævio , *utriculi* vero vel *bullæ* a Malpighio vocantur , quod tuborum inſtar inanes ſint . Præter hæc duo fibrarum genera *tracheas* inſuper, ſive *ſpiralia vaſa* deſcribit Malpighius, quæ laminulis in ſpiram contortis facilimeque flexibilibus compoſita ſunt, ac proinde & ipſa contrahi diducique poſſunt . Plantarum caro vel lignum *cortice* ambitur ; eſt autem *cortex* veluti membrana quædam aut cutis quæ rotundæ ligni ſubſtantiæ convolvitur . Tribus partibus illa componitur , exteriori , nempe , quæ inſtar cuticulæ interiorem craſſioremque circumdat ; craſſior deinde in qua fibræ, utriculi , nervique conſpiciuntur , illis propemodum ſimiles qui in ipſa trunci ſubſtantia reperiuntur ; intima denique & ſubtilior quæ ligno proxime adhæret . Ex ipſa trunci ſubſtantia rami erumpunt qui plerumque ramos alios frondeſque emittunt . Qui prope ramorum extremitatem , exſectis præſertim illorum verticibus enaſcuntur , *gemmæ* vel *oculi* plantæ vocantur . Ex ramis inſuper ſurculiſque *folia* oriuntur , quæ non modo plantis ornatum & pulchritudinem largiuntur , ſed tegendis etiam conſervandiſque fructibus conferunt, præſertim vero ſucco nutritio purius adhuc percolando perficiendoque ; unde detractis foliis ſterileſcere ſolent plantæ, vel ſaltem quidpiam patiuntur . Denique folia ramis e quibus erumpunt plerumque pediculo conjunguntur ;

aliquando ex uno pediculo folium unicum pendet, aliquando plura, unde *triphylla*, *pentaphylla*, *eptaphylla*, nempe *trifolia*, *quinque folia*, *septifolia* nominantur. Cæteras plantarum partes admirabili varietate superant flores. Quatuor in ipsis partes distingui solent, *calix* exterius scilicet floris involucrum, *foliola*, seu *petali* ut a plantæ foliis distinguantur; *filamenta* quæ e medio flore ut plurimum surgunt; hæc autem *stamina* appellantur, si capsulam pulvisculo turgidam in vertice deferant. Hæ singulæ partes in rosa vel lilio nitidius distinguuntur. Si florum texturam consideres, ipsi quoque tenerioribus mollioribusque veluti fibris componuntur in quibus aliæ duriusculæ nervorum instar reperiuntur. Alii similiter pediculum habent, alii ipso carent, alii expansa folia, alii recurva sive contorta gerunt. Postremo denique loco superest fructus, cui producendo ab optimo sapientissimoque rerum opifice destinata est admirabilis illa partium varietas fibrarumque textura quam plantis inesse diximus.

II. Plantarum semen, quantum patuit plurium Anatome, earumdem plantarum rudimenta complectitur veluti conglomerata, quæ deinde succo nutritio inflata paulatim explicantur & in plantæ speciem assurgunt. Ubi semen in terram injectum est, succus terrestris calore solis agitatus sensim subit poros, quibus seminis involucra sunt pertusa, ibique cum seminali succo qui in ipso semine est, fermentescit; quod dum fit, primum radices erumpunt, tum duo filiola aperta cum annexo corpusculo in acumen desinente, in quo exiguam esse plantam trunco, radice & foliis duobus constantem credibile est. Hujus autem seminalis plantæ procreatio adhuc la-

tet

fet inter arcana naturæ quæ nulla arte cognosci possunt; sed probabilissimum est in semine plantulam cum aliis seminibus contineri quæ alias seminales plantulas cum omnibus suis partibus aliaque semina complectuntur, atque sic deinceps in infinitum, ita ut in primis seminibus a Deo procreatis omnia plantarum seminumque rudimenta delituerint. Systema illud quod *involutionis* appellant, suis quidem non caret difficultatibus; illud tamen confirmare videntur observationes microscopicæ, atque ejusdem plantæ multiplicatio & fere in infinitum continuata propagatio.

Neque ad superiores solum plantæ partes succus nutritius ascendit singulosque per ramos diffunditur, sed a supremis etiam extremisque partibus iterum ad radices descendit, perennique circuitu per plantæ *utriculos* veluti venas excurrit. Et certe nisi attractus humor ad inferiores partes deinde refflueret, inferioribus ipsis plantarum partibus nutriendis impar foret. Succus enim qui proxime a terra ascendens per plantæ radices truncumque excurrit, crassior minusque tenuis atque digestus conspicitur, ideoque vel ipsi trunco vel tenerioribus certe ramusculis qui ex trunco erumpunt, nutriendis aptus esse non posset: at si humor ille assidue ascendens atque descendens, iterum percoletur, purior longeque subtilior ad inferiores plantæ partes perveniet. Et quidem perennis ille humoris circuitus in plantis quibusdam manifeste conspicitur. Si enim arctiori vinculo, ut ferreo circulo, transverse constringantur, illorum truncus supra vinculum turgere observatur, quod certe fieri non potest nisi collecto humore qui a superioribus ad inferiores partes descendit.

dit. Neque humor ille solum refluere, sed inferiores etiam plantæ partes alere atque augere deprehenditur. Si enim plantæ cortex duobus circulis transverse vel horizontaliter ductis secetur, corticisque pars circulis intercepta avellatur ut superior ab inferiore cortice disjungatur, inferior quidem cortex minime augetur aut versus superiorem assurgit, superior vero sensim nutritur ac versus inferiorem extenditur; succo nimirum per corticem refluente, novas partes acquirit, ut accuratissime observavit Malpighius.

Itaque cum hoc assiduo circuitu succus nutritius rarior semper atque subtilior evadat, atque juxta varium fibrarum quas penetrat ordinem atque figuram, varia ratione percoletur, digeratur ac veluti concoquatur, tenues partes illas quæ subinde a planta avolaverint, reficere ac restaurare poterit, ut planta pristinam molem vel etiam novam acquirat. Ejusmodi vero circuitus nutritii succi, ideoque plantarum nutritio eo facilius peragitur quo plures fuerint *insertiones* quibus plantarum fibræ inter se communicant. Ita nimirum succus ex una fibra in vicinas propagatur, & singulis plantarum fibris aliæ fibræ adjunguntur. Hinc si quædam corticis pars avulsa fuerit, laterales quæ supersunt corticis partes ac veluti vulneris margines sensim dilatantur, sibique mutuo proximiores fiunt, donec integrum vulnus obducant. Denique hoc perenni humoris circuitu, ex fibris in utriculos, ex utriculis in fibras alias propagatione fieri conspicitur, ut interior corticis pars ligno adhærens in lignum convertatur, ita ut truncus ipse ex variis veluti corticibus in lignum consertis sibique concentricis aliquando componatur; quod in quercu præsertim obser-

servatur. Hinc intelligitur generatim tota nutritionis ratio; qua vero serie, vel ductu perennis ille succi circuitus peragatur, definiri vix potest. Probabilissimum tamen est maximam succi nutritii copiam ascendere per ligneam arboris partem, non vero per corticem, aut partem illam quæ corticem inter & lignum sita est. Etenim ut succi nutritii motus subtilius deprehendi posset, expertissimi quidam Physici mensibus Martio & Aprili secuerunt corticem arborum in trunco & ramis, ita ut cortex in orbem esset detractus; semperque observatum est corticem superiorem una cum ligno quod tegebat, aliquandiu crescere, dum interim inferiores partes nullum prorsus caperent incrementum. Porro si per ligneam arboris partem non ascenderet succus nutritius, sed per corticem aut partem illam corticem inter & lignum positam, pars arboris quæ infra sectionem est, maxime cresceret, superior autem pars in eodem statu maneret, aut prorsus interiret. Præter hæc quæ enumeravimus vegetationis instrumenta, adjungi etiam maxime debet *tuborum capillarium* vis attractiva qua fit ut capillares plantarum tubuli non solum attrahant succum nutritium, sed etiam eum qui sibi magis convenit usurpent, alium vero nutritioni minus idoneum respuant. Hæc autem conferantur cum explicata tuborum capillarium doctrina.

III. Quamvis inter ignota plurima & fere omnia naturæ arcana, numerari debeat admirandum vegetationis opus, ex dictis tamen patet nullum plantæ genus sine semine produci; quod autem plantæ plurimæ in iis locis oriri credantur ubi nulla sunt semina, ut in tectis, saxis, dirutisque ædificiorum parietibus, vulgi error est. Licet enim in iis locis nulla

deprehendantur ſemina, ineſſe tamen certiſſima ratione oſtendi poteſt. Et certe plantas illas quæ ſine ſemine oriri putantur, ex ſemine per aerem plerumque translato naſci probat Malpighius hoc experimento. Si terra e profundiori telluris parte eruta in vaſe collocetur, idemque vas tenui velo obtegatur, atque ſupra velum ipſum deponantur ſubtiliſſima herbarum ſemina, nunquam terra vireſcere vel germinare videbitur; contra vero ſi aeri libero excipiendiſque ſeminibus idoneo terra exponatur, ſtatim vireſcere deprehendetur. Et requidem ipſa in plantis plurimis quæ ſemine carere credebantur & vi, ut dicebant, terræ *plaſtica* produci ſemen deinde obſervarunt diligentiores Phyſici. Quare ex toto vegetationis progreſſu atque ex analogia naturæ concludendum eſt, in iis etiam plantis quæ nulla demonſtrant ſeminis indicia, ſemen latere ſubtilioribus obſervationibus fortaſſe aliquando detegendum.

In plantarum ſeminibus ope microſcopii hæ obſervantur partes præcipuæ, ſeu involucra quatuor, quorum primum dicitur *capſula* cujus diverſa omnino eſt in diverſis ſeminibus figura; alia duo proximiora involucra vocantur ſeminis *cuticulæ*. Ultimum tandem involucrum dicitur *placentula*, atque in plantis idem fere eſt illius uſus ad quem deſtinatæ ſunt in animalibus membranæ, quæ *fœtum* involvunt. Has autem partes ſingulas aliaſque plurimas obſervare potiſſimum licet in faba recens excluſa. Admiranda omnino eſt ſeminum varietas; Si plantæ certum quoddam propriumque ſolum poſtulent, illarum ſemina tali donantur pondere & ſubtilitate ut recta terram petant & ſine alio auxilio ſeſe ſolo inſerant. Si autem plantarum ſemina tantam

ha-

habeant levitatem, ut aeris flatu avehi facile possint, unico vel etiam pluribus quasi uncinulis muniri solent quibus retineantur. Contra autem alia semina plumulis & veluti alis sustinentur quibus ad magnam distantiam levi vento dispergi & a se invicem removeri possint. Tandem semina alia longius projiciuntur vi cuticulæ tendinosæ & elasticæ; hæc nempe cuticula exsiccata disrumpitur, semenque, ut ita dicam, explodit. Ecquis autem non mirabitur omnipotentissimam creatoris manum quæ semina quædam in capsulis elasticis inclusit, quarum elasticitate ad convenientem distantiam seminis particulæ projiciuntur? Aliis autem seminibus alas veluti indidit quibus sublevantur & a vento dissipantur. Tandem semina alia leviora hamulis, ut ita dicam, armavit quibus ventorum vi resistant.

Ex plantarum nutritione intelligitur quoque mortis ratio. Vivit planta, quandiu nutritur; nempe *vita* plantæ ille est status in quo succus nutritius concoquitur & ad singulas partes libere defertur; Si ergo cessat nutritio, plantæ substantia arescit & *mortua* dicitur. Quæ igitur motum succi nutritii destruunt, plantam enecant; quare moriuntur plantæ, structura organica casu quodam vitiata, vel succi nutritii penuria. Itaque ad perficiendam nutritionis rationem, soli natura variis experimentis tentari debet, neque enim *omnis fert omnia tellus*. Præterea cum talis sit plantarum structura ut convenientem sibi succum nutritium admittant, inutilem vero rejiciant; agris ubertas conciliabitur, si eidem solo nova per vices committantur plantarum semina; etiamsi enim per longum tempus absumpta fuerit succi nutritii copia, idem tamen solum altero abundare poterit succo al-

teri plantarum ſpeciei idoneo. Tandem felici ſucceſſu promovetur aliquando *vegetatio*, adhibita vulgatiſſima operatione quam *inſitionem* appellant. Et quidem *inſitionis* ope fit ut ſuccus nutritius per diverſos & multiplices tubulorum anfractus percoletur magis atque perficiatur; hinc aliquando non ſolum perficitur planta, ſed novam perſæpe ſpeciem mentitur. Verum ut feliciter ſuccedat operatio, neceſſum eſt inter utramque plantam intercedere analogiam quandam, ita ut ſuccus ex plantæ unius tubulis in plantam aliam tranſire libere poſſit atque pluribus viarum ambagibus feliciter percolari; alioqui non ſolum nihil emolumenti inde poſſet obtineri, ſed plantæ ipſi crearetur mors.

IV. Quamvis jucundum æque ac utile Phyſicis ſpectaculum præbeat ſtupenda plantarum varietas, ſua tamen utilitate principem locum ſibi facile vindicat illa Phyſicæ pars quæ incredibilem fere animalium varietatem contemplatur. Animalium in varias ſpecies diviſionem atque ſpecierum illarum deſcriptionem perſequi ad eos pertinet qui hiſtoriam naturalem data opera tractandam aggrediuntur, corporis noſtri *œconomiam* conſiderare ſatis erit. Et primum quidem, ne breviores quam par eſt hic videamur, monendum eſt nos non Medicos ſed Phyſicos agere, atque etiam de generali corporis anatome, de ſenſibus aliiſque plurimis ad *œconomiam animalem* pertinentibus nos jam dixiſſe in Metaphyſica & Phyſica generali; quare pauca adjungemus. Quo admirabili arcano naſci atque vivere incipiamus variis hypotheſibus explicare fruſtra laborant Phyſici, conjecturas illas exponere religioſe abſtinemus; auditoribus enim noſtris nobiſque ipſis *maxima* hac in re *debetur reveren-*

veren-

verentia; vitæ noſtræ progreſſum atque interitum breviter duntaxat, quantum ad rem noſtram attinet, proſequemur. Cibus *inciſoriis* dentibus diſſecatur, *molaribus* atteritur & *ſaliva* affluente permixtus comminuitur atque prima *digeſtionis* operatio *maſticatio* ſcilicet abſolvitur. Cibus *maſticatus* ope linguæ ad æſophagi fauces muſculorum actione dilatatas devolvitur, æſophago ingeſtus deſcendit in ventriculum, agentibus fibris ſpiralibus per muſculoſam æſophagi tunicam diſperſis, & adjuvante tunica glanduloſa interiorem ſuperficiem irrigante. Cibus in ventriculum delatus commiſcetur cum liquore *gaſtrico* quem per *cruſtam villoſam* fundunt glandulæ, calore digeſtus cibus motibuſque ventriculi conquaſſatus ſolvitur; fibris autem *tunicæ muſculoſæ* conſtrictis per *pylorum* ejicitur in *inteſtinum duodenum*, ubi *ſuccus pancreaticus* cum *felle* effunditur ulterioris digeſtionis gratia; digeſtus autem cibus promovetur actione continua fibrarum quæ muſculoſam inteſtinorum tunicam veſtiunt, pars craſſior in *fæces* abit, ſubtilior autem exprimitur in venas lacteas quæ radices ſuas per *ductum inteſtinalem* infinito propemodum numero ſpargunt. *Chylus* itidem *lympha* quam glandulæ copioſe effundunt, dilutus in *ciſternam* deducitur, commune Chyli atque lymphæ receptaculum, ibique magis attenuatus per *ductum thoracicum* in venam *ſubclaviam* defertur. Sanguini permixtus mox per *venam cavam dextro* cordis *ventriculo* illabitur, unde in *arteriam pulmonalem* exprimitur. Redit ſanguis ex pulmone ad cor per venam pulmonalem, & *ſiniſtro* cordis *ventriculo* infuſus motu cordis in *arteriam magnam* pellitur, per cujus ramos ad omnes corporis partes defertur, unde per

ramos

ramos venarum redit in venam cavam dextro cordis ventriculo iterum affundendus. Perpetuus iste motus *circulatio sanguinis* appellatur; admirandum circulationis artificium ex venarum arteriarumque structura atque systemate & ex illarum cum corde connexione intelligitur. In dextrum cordis ventriculum hiant vena cava & arteria pulmonalis, in sinistrum vero vena pulmonalis & arteria magna. Venæ cavæ & arteriæ magnæ rami distribuuntur per totum corpus, rami autem venæ pulmonalis & arteriæ ejusdem nominis per pulmonum lobos dispérguntur. Venæ & arteriæ per totum corpus invicem communicant per tubos capillares inflexos quorum pars una arteriæ, altera pars venæ vices subit. Movetur autem sanguis in arteriis a corde versus extremas corporis partes, in venis contra cor versus. Ne autem in actione cordis sanguis ex ventriculo redeat in venam unde venerat, valvulis impeditur quibus etiam regressus in cor coercetur. Sanguinis quantitatem illiusque velocitatem calculo æstimare conati sunt multi & quidem doctrinæ fama percelebres viri, sed irrito prorsus labore, ut jam antea observavimus.

V. Ut intelligatur nutritionis ratio, totum *Chylificationis* opus breviter resumamus. Chylus in ore præparatur, atteritur, in æsophago & ventriculo attenuatur, in intestinis elaboratur, in venis lacteis secernitur, in mesenterii glandulis diluitur, magis ac magis in ductu thoracico diluendus, sanguini in venis miscetur, ibi autem rursus solvitur, attenuatur, intimius miscetur, in arterialia pulmonum vasa pellitur, fluidarum particularum formam induit, suam fluiditatem ob perpetuum sanguinis circuitum conservat. Conti-

nua

nua pulmonis, viſcerum aliorumque vaſorum actione ſanguis *Chyloſus* varias mutationes ſubit, atque ex eo glandularum ope ſecernitur ac veluti exſugitur liquor, *ſerum ſanguinis* quod in maſſam *gelatinoſam* abit & ſingulis corporum partibus nutriendis deſtinatur; quia vero ſubtilior ſeri pars iterato circuitu perpetuo conſumitur, hinc Chyli detrimentum moderato alimentorum uſu reparandum. Quibus autem incrementis augeatur corpus jam in Phyſica generali explicavimus, ubi ſermo fuit de tranſpiratione, nunc cordis actionem quæ vitæ fons eſt atque principium, ipſamque reſpirationem breviter contemplabimur. Cor illiuſque auriculæ ſunt veri muſculi; ſpirales ſcilicet fibræ quæ, ex deſcripta cordis anatome, a baſi verſus mucronem aſcendentes, iterum verſus baſim reflectuntur, muſculorum vi agunt; dum fibræ omnes ſimul breviores factæ, longitudinem cordis minuunt, latitudinem augent, ventriculorum cavitatem coarctant, tendinoſa arteriarum orificia dilatant, venarum oſtia reſtringunt; hinc ſanguis magna vi in arterias exprimitur, atque hæc eſt *Syſtole*. Sanguine per ſyſtolem toto fere expulſo ex cavis cordis, fibræ flacceſcunt, arteriis jam dilatatis cordiſque nervos comprimentibus; hinc diſtantia inter baſim & apicem augetur, ſanguis expulſus in venas tranſit, atque hæc eſt *Diaſtole*. Præter muſcularium fibrarum actionem, alias quoque vires plurimas ad motum cordis conferre certum omnino eſt, quamvis ſingulas vires illas nec calculo æſtimare, neque etiam recenſere noverint diligentiores Anatomici. Sed quidquid ſit, indubitatum eſt ad cordis contractionem ſive Syſtolem non parum conducere muſculos intercoſtales & diaphragma, quorum ope fit

un

ut ſanguini in pulmones pateat ingreſſus, quo negato actioni cordis inſuperabile daretur obſtaculum.

Itaque hæc omnia cum pulmonum actione & reſpiratione conjuncta ſunt. Duplici motu abſolvitur reſpiratio, *dilatatione* nempe & *conſtrictione* pectoris quarum una alteram ſequitur. Dum pectus dilatatur aerem in pulmones haurimus, eo conſtricto pulmones evacuantur. Ut intelligatur quomodo hoc fiat, ex brevi anatome jam in metaphyſicis inſtitutionibus explicata repetendum eſt, pectoris cavitatem duodecim coſtis, arcuum inſtar, hinc & inde poſitis conſtare. Inter eas mediant muſculi *intercoſtales* qui ſuperiores coſtas cum inferioribus connectunt. Inferioribus coſtis valide adhæret diaphragma quod tranſverſim expanſum inter pectus & abdomen modo complanatur & viſcera abdominis comprimit, modo verſus pectus attollitur & fornicis inſtar aſſurgit. His animadverſis, dum intercoſtales muſculi contrahuntur, coſtæ elevantur, diaphragma complanatur, abdominis viſcera extrorſum protruduntur, pectoris cavitas dilatatur, aer ambiens per os & nares atque hinc per tracheam ad pulmones ruit; aer autem *annulos cartilagineos* impellit, *tracheæ bronchia* dirimit atque ſeparat, varios arteriæ pulmonalis & venæ ejuſdem nominis ramos auget, & earumdem capacitatem amplificat. Hinc illarum continua & alterna actio ad cor transfertur a quo originem habuit. Paulo poſt coſtæ, muſculorum pectoris viribus, pondere ſuo adjuvante, concidunt, diaphragma a reſilientibus viſceribus ſurſum adigitur, bronchiorum annuli cartilaginei breviores fiunt, illorumque dimenſio contrahitur, atque pari modo contrahuntur tunicarum muſcularium vi & arte-

ria

ria pulmonalis & vena, unde pectoris cavitas contracta susceptum aerem ejicit ex pulmonibus. Utrum vero aliquid aeris, facto per pulmones aditu, cum sanguine misceatur, quæstio est apud *Physicomedicos* agitata quam breviter attigimus, ubi aeris proprietates explicavimus.

Explicata circulationis & respirationis actio mechanica, fœtui in utero materno convenire non potest. *Septum* utramque cordis auriculam dirimens *foramine ovali* pertusum est; arteriæ pulmonalis truncus vix e corde egressus canalem quemdam communicantem in *aortam descendentem* demittit, nato & excluso fœtu foramen ovale sensim clauditur & canalis communicans arescit. At fœtu incluso in utero materno, pulmones intumescere atque detumescere non possunt, pro ut faciunt ingresso aere; quare flaccidi fere manent & sine ullo motu, ac proinde sanguini per eos circulationem copiosam & facilem non permittunt. Hinc admirabili structura factum fuit foramen ovale ut sanguis e vena cava in dextram auriculam admissus, in auriculam sinistram influeret, atque in fœtu cordis vitam & actionem foveret non secus ac si per pulmones transiret.

VI. De musculorum actione sæpe mentionem injecimus; motus instrumentum sunt musculi quibus dissectis, membrum cui movendo destinantur, moveri amplius non potest. Venter musculi constat ex fibris carneis secundum longitudinem excurrentibus qui breviores fiunt, ut pars corporis cui cauda affixa versus caput adducatur. Nervis ligatis vel resectis, quod in *phrenico* præsertim ad diaphragma tendente experiri licet, nulla in fibris *motricibus* fieri potest constrictio; hinc colligitur per nervos ali-

aliquid ad musculos deferri quo illorum actio determinatur. Quare non sine ratione admittitur fluidum aliquod subtile quod in substantia *corticali* cerebri, utpote glandulosa, secretum, influit in nervos qui ex substantia medullari ortum ducunt.

Motus quo carneæ musculorum fibræ contrahuntur, nondum satis patet. Mittimus igitur conjecturas, etsi utiles; viam enim ad ulteriores disquisitiones parant, dummodo tamen fiant a viris rerum anatomicarum expertissimis. Hoc unum certo nobis statuendum videtur ad musculorum actionem concurrere & fluidum subtilissimum per nervos decurrens, quæcumque sit hujus fluidi natura, simulque sanguinem ex arteriolis affluentem; quemadmodum enim ligato nervo motus omnis in musculo impeditur, ita quoque si musculi arteria constringatur, novique sanguinis in musculum influxus impediatur, nullus in musculo motus haberi potest. Sed de his jam sermonem habuimus in Metaphysica; hic autem duntaxat subjungemus musculos fere omnes suos habere *antagonistas* qui nempe contraria habeant officia. Tales sunt musculi *extensores* & *flexores* quorum primi extendunt, postremi autem inflectunt. Hinc patet contractionem esse naturalem musculis omnibus statum; nisi enim musculus a suo Antagonista superetur, statim contrahitur neque ullo voluntatis imperio potest dilatari. Ita si partis alicujus flexor musculus resecetur, jam extensores contraria musculorum antagonistarum actione haud amplius superantur, hinc partem illam statim extendi necessum est; & contra eandem partem flecti oportet, resectis musculis extensoribus. Aliqui tamen musculi inter quos *cor* suis carent antagonistis. Ex his omnibus intelligitur vitæ

fon-

fontem & veluti fundamentum esse cordis motum quo sanguis per universum corpus impellitur. Mors autem est æconomiæ animalis dissolutio per quam cessant & motus cordis & respiratio. Plurima alia ad hanc ipsam rem spectantia repeti debent ex Metaphysica atque ex Physica generali; id enim cavemus diligenter ne in aliquo loco iterum dicamus quod jam dictum prius. Nonnullas alias corporum species in sequenti capite considerabimus.

APPENDIX

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

VAria telluris climata in hoc capite enumeravimus; ex diversa autem cæli temperie ac proinde & ex ipsa climatum varietate suboriri in æconomia animali variationes plurimas negari non potest, atque experientia comprobatum est. Climatum varietas plurimum confert ad generalem corporis constitutionem, staturam, robur, colorem, morborum naturam, senectutem. At fatendum est generalem climatum rationem cum aliis particularibus causis, quales sunt aeris, aquæ, soli, alimentorum conditiones, tam confuse complicatam esse ut difficile omnino sit eas secernere varietates quæ climati propriæ sunt. Quia vero inter corpus & animam arctissimum est commercium, certum quoque est idque observatione constat, incolarum indolem, nisi voluntatis imperio regatur, ex ipsa climatis natura aliquo modo pendere. Ita climata quædam robur & fortitudinem excitant, alia vim imaginandi aciemque ingenii acuunt, alia autem quasi hebetare videntur. Tandem suum

ſuum cuique nationi fere proprium eſt ingenium; ſed rem invidiæ plenam fuſius perſequi noſtrum non eſt. Id tantum caute monendum eſt virtutum vitiorumque rationem non ex climatum conditione & natura, ſed ex divina atque immutabili lege pendere; leges ergo in variis regionibus non mutabili climatum varietati, ſed perpetuæ & invariabili juſtitiæ attemperari debent. Tandem licet climatum temperies ad excitandam affectuum varietatem conferre aliquid poſſit, gubernari tamen poſſunt & debent voluntatis arbitrio, & ad divinæ legis normam moderari, atque, ſi pravi ſint, extirpari omnino. Sed hæc ad Ethicam proprio jure pertinent.

Itaque his prætermiſſis fuſeque tractandis in Ethica ubi ſancta morum dogmata vindicabimus, jam ad Geographiam redeamus & de illius ſtudio pauca adjungamus. Triplex, ut ita dicam, Geographiæ ætas conſiderari debet: Geographia *antiqua*. Geographiæ ætas *media* & Geographia *recentior*. Primus Geographiæ ſtatus, ea eſt terræ deſcriptio quam veteres Scriptores uſque ad Imperii Romani occaſum reliquere. Geographia mediæ ætatis ille eſt geographiæ ſtatus qui ab Imperii Romani occaſu uſque ad litterarum reſtaurationem obtinuit. Geographia recens eſt terræ deſcriptio a reſtauratis litteris ad præſens uſque tempus. Quod ſpectat Geographiam antiquam, ea quidem magnam poſtulat veterum Scriptorum ſuppellectilem, ſed recentioris etiam Geographiæ auxilio indiget. Veteres ſcilicet Scriptores cum recentioribus & cum accuratiſſimis menſuris comparandi atque etiam emendandi. Si hac comparatione deſtituamur, ignotæ omnino erunt *itineraria* veterum menſuræ ac proinde & ignotus erit veteris Geographiæ ſtatus.

Hæc

Hæc prima Geographiæ ſpecies ad Sacræ Scripturæ intelligentiam plurimum prodeſt. Quod attinet mediæ Geographiæ ſtatum, iis denſioribus involvitur tenebris, multaque ad hanc cognitionem neceſſaria nobis eripuit temporum barbaries. Attamen ex veteribus *Chronicis*, *cartulis* quibus *archiva* abundant, aliquid lucis tantæ rerum Geographicarum obſcuritati affulgere poteſt. Tandem quod ſpectat recentiorem Geographiam, Aſtronomorum laboribus ad ſummum perfectionis gradum ita perducta eſt, ut ignotus eſſe non poſſit in globo terreſtri locus in quo Aſtronomus pedem figere poſſit. Itaque viro Geographiæ ſtudioſo probe cogniti eſſe debent globi cæleſtis atque terreſtris circuli; hæcque eſt Geographia *Aſtronomica*. Præterea dividitur Geographia in *naturalem* in qua ſcilicet conſiderantur illæ quas natura conſtituit globi noſtri diviſiones, ope marium, montium, fluminum &c..... dividitur etiam in *hiſtoricam* vel *politicam*, eaque conſiderat varias regionum viciſſitudines, tum in ipſa principum mutatione variiſque regionum in bello & pace fortunis, tum in ipſo regimine *civili* aut *politico*. Tandem Geographia alia eſt *ſacra & eccleſiaſtica* quæ nempe eas percurrit regiones de quibus mentio fit in Sacra Scriptura & in hiſtoria Eccleſiaſtica. Hæc autem Geographiæ pars varias, pro commoditate, diviſiones admittit. Ita Geographia Eccleſiaſtica ratione juriſdictionis dividi poteſt in *patriarchatus*, *primatus*, *diæceſes* &c. Ex his manifeſtum eſt cultiori cuilibet hominum conditioni utiliſſimam eſſe Geographiam, imo Geographiam *neſcire turpe magis eſt quam ſcire glorioſum*.

CA-

CAPUT II.

De corporibus aliis in terræ gremio potissimum considerandis.

COrpora in terræ gremio conclusa generali *fossilium* nomine appellantur. Alia fossilia in terræ visceribus generantur atque formantur, hæc *nativa* dicuntur; ad hanc classem pertinent *terræ*, *lapides*, *metalla* &c. alia autem fossilia terræ propria non sunt & *extranea* vocantur, qualia sunt *piscium*, *quadrupedum* ossa, *ligna*, *plantarum corpora* terræ visceribus ignoto casu sepulta. In terræ gremio recluduntur innumerabiles succorum species, aliaque plurima infinito pene numero corpora. Ex corporum illorum concursu oriuntur aliquando intestini vehementissimique motus, atque hinc nascuntur persæpe subterranea atque etiam meteora phænomena. In tanta rerum copia quæ universam fere historiam naturalem continet, pauca duntaxat corpora considerabimus quæ Physicorum contemplationi proprie subjacent. Quare hoc ultimum Physices caput in duos dividemus articulos. 1us Erit de ferro & magnete illorumque mutua attractione, ubi etiam de vi electrica. In 2°. articulo alia contemplabimur corpora quæ ad subterranea meteoraque phænomena videntur pertinere.

AR-

ARTICULUS I.

De ferro & magnete illorumque vi attractiva, ubi etiam de electricitate.

I. FErri & magnetis quædam sunt proprietates, admirandæ potius quam hactenus explicandæ. Primo autem annotandum est magnetem haberi posse velut lapidis speciem, quæ ex ferro, oleo & sale coalescit; in hoc lapide quatuor effectus præcipuos considerabimus: scilicet, *vim attrahentem* aut *repellentem*, *vim communicatricem*, *vim directricem*, ac tandem *vim inclinatricem*, de quibus ordine dicendum est. Atque ut a vi attrahente initium ducamus, sciendum est magnetem trahere ad se multa corpora, sed potissimum magnetem alium, ferrum, & arenam illam lucidam qua ad exsiccandos recens scriptos characteres uti solemus. Si magnes ad corpora ista admoveatur, statim videbuntur ea sponte moveri versus magnetem, & quidem majori vel minori cum velocitate pro majori vel minori eorum pondere; velocius enim ruunt corpora ista versus magnetem si minorem habeant molem; imo si magnitudinem paulo majorem habeant, manebunt etiam immota, neque magnes tantam habebit vim qua ea ad se rapiat. Attractio autem ista mutua est; non minus enim magnes trahit ad se magnetem alium vel ferrum, quam trahitur ab illis, quod demonstravimus in Physica generali ubi de actione & reactione. Cæterum magnes nec trahit omni ex parte nec æqualem in omnibus sui partibus virtutem habere deprehenditur; donatus est enim magnes plerumque polo duplici, quorum alter trahit ad se, alter vicissim re-

repellit, si scilicet magnes magneti opponatur, non vero si ferrum magneti; ferrum enim semper & omni ex parte trahitur, quanquam non æque vehementer omni ex parte. Id vero intelligendum est de ferro quod magneticam vim non adhuc sibi comparavit; nam ferrum postquam magneticam vim adeptum est, a magnete repellitur non minus ac magnes alius. Quoniam vero in polis virtus trahendi maxima est, ii deteguntur ope scobis ferreæ vel etiam arenæ, quæ ita circa magnetem sese componit ut semitas quasdam veluti sulcos efficiat; ubi autem sulci isti convergunt, ibi reperiuntur poli. Linea utrumque polum conjungens dicitur *axis magnetis*, *æquator* autem dicitur planum ad axem perpendiculare ipsumque axem bifariam & æqualiter dividens. Magneticis polis idem impositum fuit nomen quod globi nostri polis, unus nempe *septentrionalis* sive *borealis*, alter *meridionalis* sive *australis* dicitur. Etenim si magnetem ex filo libere suspendas, sponte sua in hunc se disponit situm ut polus septentrionalis septentrionem, australis austrum respiciat, etsi non accurate nec æqualiter ubivis locorum. *Meridianus magneticus* appellatur planum ad magnetem perpendiculare, secundum longitudinem axis ac proinde transit per polos. Sunt autem poli magnetis puncta mutabilia; Si magnes per medium axem leni manu secetur, quælibet pars duos acquirit polos; partes quæ erant sub æquatore contiguæ ante sectionem, & quæ poli non erant, polorum vim habent; imo pars quælibet polus borealis vel australis fieri posset, sectione facta majoris magnetis polo australi vel boreali propius. Idem contingeret parti cuilibet dimidiæ, si eodem modo mediæ secarentur. At si magnes non secetur per me-

medium axem, ſed ſecundum longitudinem, habebuntur quoque poli quatuor, quorum duo *ejuſdem nominis*, in ea manebunt parte in qua poſiti erant ante ſectionem, & in qualibet parte formabitur novus axis priori parallelus. Phænomenum autem plane ſingulare præbent magnetis poli, nempe duorum magnetum poli, ſi fuerint diverſi nominis, ſeſe mutuo attrahunt; ſecus autem ſi ejuſdem nominis fuerint; nimirum polus ſeptentrionalis trahit auſtralem, ſed non viciſſim duo ſeptentrionales vel auſtrales ſeſe mutuo attrahunt, imo ſeſe fugiunt, ſive repellunt. Quare poli diverſi nominis dicuntur *amici*; poli autem ejuſdem nominis *inimici* appellantur.

II. Magnes donatur virtute alia quæ *communicatrix* dicitur, eo quod magnes vim ſuam attrahentem ferro aut calybi facile impertiatur. Si ſuper polo cujuſvis magnetis vel prope eum lenta manu ducatur ferrum ſecundum ſui ipſius longitudinem & eadem ſervata directione, magnes huic ferro virtutem ſuam ita communicabit ut ferrum ipſum, ad vim attrahentem quod attinet, nihil prorſus a magnete differat. Nec tamen magnes de viribus ſuis deperdit quidquam; etſi centena ferramenta vi ſua impregnaverit; non deſunt tamen qui affirmant magnetes imbecilliores evadere. At illud certum eſt ferrum ductum circa magnetem, binos polos ſibi comparare qui iiſdem donati ſunt proprietatibus quibus pollent ipſius magnetis poli. Neque magnes tantum vim ſuam ferro communicat, ſed etiam ferrum acceptam virtutem magneticam ferro tribuit, atque etiam alteri magneti; diverſis artificiis comparantur magnetes *artefacti*, illud vero præcipuum eſt atque optimum.

Adhibeantur lamellæ calybeæ eximie lævigatæ ſummaque induſtria temperatæ, quæ ſingulæ eandem habeant longitudinem, latitudinem & craſſitiem, ſintque circiter ſex pollices longæ, quinque lineas latæ, unam vero lineam craſſæ. Si autem illarum longitudo augeatur, in eadem ratione augeri debent dimenſiones ſingulæ. Rebus ita comparatis, cuilibet lamellæ ſeorſim vis magnetica communicetur, potenti magnete adhibito, deinde lamellæ illæ inter duas laminas ferreas vel calybeas ita conſtituantur ut ſuis polis oppoſitis eas contingant, quæ quidem præparatio *armatura* vocatur, atque ita habebitur magnes *artefactus*. Non ſolum magnetis ope, ſed etiam ſine magnete ullo parari poteſt vis magnetica. Laminulæ calybeæ probe lævigatæ incudi etiam eximiæ perpolitæ imponantur, eæque ſecundum longitudinem eandemque directionem atterantur ferro verticali ſatis magno, cujus extremitas inferior ſit in rotundum conformata & bene expolita. Si operatio illa per ſingulas lamellæ calybeæ facies, quantum ſatis eſt, iteretur, eximiam virtutem magneticam acquiret lamella calybea, non ſecus ac ſi exquiſito magnete tacta fuiſſet. Id autem notandum eſt ad ſeptentrionem dirigi illam magnetis extremitatem a qua factum fuit attritus initium, contra autem ad meridiem convertitur extremitas altera in qua attritus deſinit.

Sine ulla magnetis ope, egregiam vim magneticam natura aliquando ſuppeditat. Ferrum oblongum in loco ſublimi poſitum & in ſitu verticali ſatis diu detentum mutatur in præſtantiſſimum magnetem. Potentiſſimam vim magneticam perſæpe demonſtrarunt virgæ ferreæ in ædium tectis templorumque faſtigiis

stigiis erectæ. Insignem vim magneticam acquisivisse aliquando feruntur cælesti fulmine percussa ferramenta. Traditur cubiculum aliquod fulmine tactum fuisse in quo cultri aliaque id genus ferra plurima continebantur; id autem contigit omnino singulare, ferramentorum pars fulminis vi soluta fuit & liquefacta; pars autem alia insignem acquisivit virtutem magneticam qua clavos, annulosque ferreos ad se rapiebant; plurimis modis sive natura sive arte generatur vis magnetica, sed hos recensere longius foret.

III. Virtute alia donatur magnes, ob quam fit ut magnes polos suos præter propter ad mundi polos convertat. Magnes enim cymbæ ligneæ ita impositus ut axem habeat horizontis plano parallelum, si in amplo vase quod aqua plenum sit, innatet, paulatim sic convertet se, ut determinatas semper cæli plagas suis polis respiciat, quarum quidem cæli plagarum una est utcumque *borealis*, altera autem utcumque *australis*. Huic magnetis virtuti referendum est præstantissimum *nauticæ acus* inventum quod in arte nautica magnam præstat utilitatem. Arcus calybea oblongior, vi magnetica imbuitur acutæque pinnæ medio sui imponitur ut libere verti possit, ad mundi fere polos ipsa suos polos dirigit, apex qui respicit *boream* dicitur *polus boreus* & *septentrionalis*; qui vero *austrum* respicit, *polus australis* aut *meridionalis* vocatur. Acus nautica ne ab aeris motu vexetur, capsula ad custodiam coercetur; quare tale instrumentum *pixis nautica* appellatum est. At dolendum est quod ad majorem nauticæ artis utilitatem, acus magnetica ad mundi polos sese non componat accurate variationibusque plurimis sit obnoxia. Si pixis

magnetica ita conſtituatur ut acus terreſtri meridiano reſpondeat, idque fiat in plurimis terræ locis, obſervabimus directionem acus magneticæ a directione ipſius meridiani deflectere, nec quidem in omnibus locis æqualiter, ſed magis vel minus pro vario locorum ſitu; talis aberratio acus magneticæ a meridiano appellatur *declinatio*. Præterea in ipſa declinatione mutatio fere perpetua deprehenditur, etiam in eodem loco non ſolum diverſis annis, ſed etiam diverſis diebus & per varias ejuſdem diei horas; ſic Pariſiis anno 1550 magnes ad orientem declinabat gradibus octo, anno 1580 gradibus undecim; anno 1666 polos accurate reſpiciebat; anno 1700 gradibus octo declinabat verſus occidentem; quod autem Lutetiæ accidit, idem quoque in ſingulis terræ locis obſervatum eſt, ſed diverſa plane mutationis lege, imo potius nulla quæ ſubtiliſſimis etiam obſervationibus hactenus innotuiſſe potuerit. Præter hanc univerſalem declinationis variationem, ex certis quibuſdam ſpecialibus circumſtantiis & conditionibus alias quoque mutationes plurimas interdum ſubit acus magnetica; ferrum acui magneticæ proximum illius declinationem plurimum turbat; aliquando etiam meteora in acus declinatione inſignem variationem inducunt. Anno 1724 in latitudine boreali 41° 10′ & in longitudine 283 die 2 Septembris, perturbatis motibus ita agitata eſt acus magnetica ut ad dirigendum iter nullius potuerit eſſe uſus; eandem agitationem patiebantur acus aliæ plurimæ vi magnetica recens imbutæ, ille autem vehementior inordinatuſque motus horæ integræ ſpatio perduravit quo deinde ceſſante priſtinam directionem acus magneticæ recuperarunt.

runt. Eandem vim directivam aliquando suspensam observavit peritissimus navium praefectus D. Ellis. Saeviente acutissimo frigore, navique magno gelu circumdata, semel deprehendit vi sua directiva fere destitutas fuisse acus singulas; aliae autem ad plagas oppositas sese aliquando dirigebant. His tamen non obstantibus, quae minus frequentes sunt, acus magneticae variationibus, maximae tamen utilitatis est pixis magnetica; declinatio enim satis accuratis observationibus ut plurimum nota est.

IV. Superest tandem consideranda magnetis virtus *inclinatrix*. Parata acu calybea, magnetica vi nondum imbuta, inventoque gravitatis centro, ita ut ipsum gravitatis centrum apici styli immineat, acus aequilibrata manebit, situmque horizonti parallelum obtinebit, neutra extremitate se vel attollente vel deprimente. At si hujusmodi acus concipiat vim magneticam & stilo eadem ratione imponatur, cuspis ejus borealis in his nostris regionibus borealibus deprimet sese aliquantulum, oppositus autem australis vicissim sese extollet. Nec depressio cuspidis unius & elevatio alterius aequalis est in omnibus terrae locis; eo enim minor observatur quo minor est locorum distantia ab aequatore, & contra eo major quo loca sunt polis propiora, ac proinde acus magneticae *inclinatio* ex ipsa locorum latitudine pendere videtur. Haec phaenomena deprehenduntur in hemisphaerio nostro boreali; at translata acu ad oppositum hemispherium australe, tunc vicissim cuspis australis deprimet sese, borealis autem sese attollet, & eo magis quo propior fuerit locus polo australi. Hinc consequens videtur acum manere

æquilibratam in æquatore, in polis autem eo uſque inclinari ut perpendiculariter inſiſtat ad terram. Hæc autem acus magneticæ inclinatio majores quam ipſa declinatio variationes patitur, non ſolum in diverſis terræ locis, ſed etiam in eodem loco & per diverſas diei horas. Verum hujus variationis partem aliquam referendam eſſe obſervatum eſt ad reſiſtentiam quam ex mutuo axis attritu patitur acus magnetica, antequam ad æquilibrii ſitum perveniat. Et quidem diligenter obſervata acus magneticæ inclinatione, ea variabilis omnino deprehendebatur, iiſdem licet manentibus experimenti circumſtantiis. Paratæ fuerunt diverſæ acus magneticæ quoad omnes conditiones ſimillimæ, vix unquam eandem inclinationem oſtenderunt acus duæ, imo differentia 10 vel 12 gradus aliquando ſuperabat. Ex illa inclinationis inconſtantia factum fuit ut hanc variationis partem arte aliqua corrigendam propoſuerit Academia Pariſienſis, annexo de more præmio quod reportavit Doctiſſimus Daniel Bernoullius qui ſubtiliſſima acus magneticæ ſtructura, hujus erroris vel differentiæ partem aliquam ſuſtulit.

V. Quod ſpectat effectuum magneticorum cauſam, fatendum eſt nihil eſſe in Phyſica obſcurius. Quare ne varias quidem referre volumus Phyſicorum hypotheſes quibus explicatis non ſimus doctiores. Generatim obſervare ſatis erit attractionem magneticam ex ferri magnetiſque particulis atque illarum textura pendere. Et quidem mutata particularum diſpoſitione generatur vel deſtruitur vis magnetica, frequentius intenditur vel remittitur; quod jam variis exemplis oſtendimus. Ita ſi ferrum magnetica vi imbutum

vali-

valide percutiatur, si igni subjiciatur, si violenta manu torqueatur, vi magnetica destituitur. Si vires attractivæ fuerint ex una parte majores quam ex altera, poli ex una parte erunt *attractivi*, ex altera *repulsivi*. *Communicatio* virtutis in eo sita esse potest quod ferri particulæ sine ullo ordine dispositæ ob magnetis vicini actionem, mutuam positionem mutent; tumque se prodet magnetica vis in ferro quoque. Eadem de causa si filum ferreum quod magneti affrictum, virtutem contraxit, poterit virtutem amittere, si motu contrario ducatur ita ut conveniens partium positio turbetur. *Directio* acus ad certas terræ plagas polo proximas hinc oriri potest, quod per universam quidem tellurem ingentes lateant sub ipsa superficie massæ ferri & magnetis, sed multo plures quam alibi versus polos. Hac enim de causa fieri poterit, ut acus magnetica non dirigatur accurate versus polum, sed hinc inde aberret. Si ejusmodi fodinæ minores per universam terram nullo certo ordine dispersæ sint, inde intelligetur in magnetis declinatione nullum esse certum ordinem. Hujus rei imaginem quandam habere possumus, si majorem aliquem eximiæ virtutis magnetem ad mensæ caput collocemus, tum alios minores magnetes dispergamus sine ordine; acus se ad magnum magnetem potissimum diriget, minorum tamen magnetum actionibus nonnihil turbabitur directio. Eadem quoque erit *inclinationis* causa; videmus enim acum magneticam inclinari statim, si ferri fodinis proxima fuerit. Jam vero si hæc sit effectuum magneticorum generalis causa; quidni fieri poterit ut quotidie parum admodum & fere nihil

muterur directio, quæ mutatio temporis progressu crescat & tandem post ingentes terræ motus statim vel maxime augeatur, vel etiam minuatur. Nimirum fodinæ perpetuas subeunt mutationes, novæ alibi generantur augenturque, alibi minuuntur & pereunt. Itaque perpetua est mutatio, exiguo tempore exigua, tempore longiori major, irregularis omnino si mutatio ipsa in fodinis irregularis fuerit. Quæ cum ita sint, non repugnat ad generalem attractionis legem referri posse effectus magneticos, qui proinde ex particularum figura, textura, mutua positione pendent, quæ quidem omnia nos latent, & utinam fortasse non semper lateant. Quare generatim rem difficilem explicavimus parum solliciti de subtilissimis effluviis quæ tenuitate sua acutissimos oculos effugiunt, remotasque massas vi maxima connectunt.

VI. Cum vi magnetica aliquid affinitatis habere videtur vis *electrica*. Antiquis etiam Philosophiæ temporibus notum fuit *succinum*, quod etiam *electrum* dicitur, eam vim habere qua paleolas leviaque corpuscula attrahat atque ideo virtuti huic attractivæ factum est *electricitatis* nomen. Progressu temporis hæc eadem vis in *sulphure*, *cera obsignatoria*, corporibusque aliis *bituminosis* & *resinosis* observata fuit; virtutem electricam in *vitro*, *gemmis*, *bombice*, *lana*, *capillis* experti sunt deinde Physici; dura enim siccaque manu perfrictis corporibus illis, leviuscula quæque corpora ad se rapiunt. Idem tentatum fuit in aliis plurimis corporum speciebus, nullumque inventum fuit corpus quod sua natura non foret electricum, vel electricitatem non posset accipere. Quod ut intelligatur, duplex distin-

gui

gui debet corporum electricorum genus, alia dicuntur corpora *per naturam electrica* quæ nempe perfricta electricitatem demonstrant; alia autem per longum etiam tempus attrita nullum electricitatis indicium præbent: electricitatem tamen ex corporum electricorum vicinia haurire possunt atque accipere, & ideo vocantur *electrica per communicationem*. Ita quamvis metalla & fluida nullam ex attritu electricitatem possint concipere, iis tamen electricitas variis artificiis conciliari potest. Si ferrum aliquod tubis duobus vitreis horizontaliter sustineatur, vel funiculis sericis suspendatur, vel etiam resinosæ massæ incumbat, ferrum illud admoto vitreo tubo debite perfricto, vim electricam admittet. Eodem artificio electricitatem accipient fluida aliaque corpora non electrica. Porro in electricitatis phænomenis non solum consideranda est attractio, sed etiam repulsio quæ, ut plurimum, attractioni succedit. Ita si auri foliolum a tubo electrico attrahatur, rursus ab eo repellitur, atque per vices varios itus & reditus seu subsultus edit. Vix conspicua est repulsio, si debilior sit electricitas; at si valida sit, corpusculum attractum statim repellitur. Tandem si potentissima sit electricitas, nullus inter tubum & corpusculum observatur contactus, sed corpusculum repellitur, ubi ad duorum vel trium pollicum a vitro distantiam pervenit. Eandem attrahendi & repellendi vim acquirit metallum, si vi electrica *per communicationem* imbutum fuerit; idemque succedit in corporibus omnibus non electricis. At aliæ multæ attractionis & repulsionis conditiones summa attentione considerari debent.

VII. Ex attractionis repulsionisque phœno-

menis aliqua colligunt Physici & quidem merito ut nobis videtur. 1°. Leviora corpuscula a corporibus electricis attrahuntur, donec eandem cum attrahentibus corporibus electricitatem acquirant, illorumque atmosphæræ ad eandem redigantur densitatem. 2°. Hac densitate acquisita, desinit attractio incipitque repulsio. 3°. Hæc repulsio viget tantum inter corpora quæ ad eundem electricitatis gradum pervenerunt. 4°. Tandiu viget hæc repulsio quandiu manet eadem atmosphærarum densitas, qua perturbata, fit iterum attractio donec æqualis densitas restituatur, rursusque nova excitatur repulsio. 5°. Vigere potest repulsio inter corpora duo quæ nullum unquam dedere attractionis signum, dummodo eandem servent atmosphæræ densitatem. 6°. Eo validior est repulsio quo major est electricitas; ac proinde ex spatiis vi repulsiva descriptis vires electricas æstimare licet. Recensitos effectus experientia confirmat; etenim si electricitas sit validior, inter auri foliolum tubumque vitreum nullus jam contactus deprehenditur, sed in duorum vel trium pollicum a vitro distantiam aurum repellitur, acquisita scilicet æquali atmosphæræ densitate, deinde supra tubum manet aurum veluti suspensum donec vim electricam acquisitam amiserit; sive eam sensim & per gradus amittat, vim suam communicando vaporibus per aerem dispersis, sive eam amittat statim ex alterius corporis non electrici contactu. Facta electricitatis jactura, jam cessat repulsio, foliolumque attrahitur, iterum post reparatam electricitatem repellendum. Hoc artificio auri foliolum per cubiculum transferri poterit, illud scilicet repellendo ope tubi eximie electrici, digitumque pro singulis repulsionibus ad-

admovendo; imo foliolum auri immotum sustineri poterit inter ferrum vi electrica imbutum & digitum ipsum, si subtus ipsum auri foliolum ita admoveatur digitus ut in singulis repulsionibus aurum tangatur, hac arte velut suspensum cohiberi poterit foliolum inter ferrum & digitum. Porro admodum verisimile est foliolum in hoc statu manere, eo quod tantam vim electricam digito communicet quantam ipsum a ferro accepit, ea tamen quantitate dempta quæ ad superandam gravitatem necessaria est. Sed hæc pauca dicta sint, longiorem enim tractatum res postularet; legatur opus egregium quod magna sagacitate parique experimentorum subtilitate conscripsit *Taurini* doctissimus P. Beccarias qui Franklini doctrinam non solum explicavit, sed & mirifice perfecit. Tota doctrina huc reducitur: esse quoddam fluidum electricum quod interna corporum quorumdam viscera illorumque superficiem possit pervadere, in aliis autem corporibus nullum habeat motum, licet tamen corporum illorum aliqua contineant hujusmodi fluidi copiam sibi firmissime adhærentem, nec sine frictione intestinoque motu effundendam. Prioris speciei corpora dicuntur electrica *per communicationem*, alia autem corpora vocantur electrica, *per naturam*. Priora corpora fluidum electricum statim ad æqualitatem in alia corpora diffundunt, licet alia majorem, alia minorem hujus fluidi copiam postulent ad quandam sibi *connaturalem*, ut ajunt, *saturitatem*. Quare e duobus ejusmodi corporibus quæ eundem natura sua non habent saturitatis gradum, aliud respectu alterius electricum est *per excessum*, aliud autem *per defectum*. Ubi nempe corpora illa ad eam admoventur di-

ſtantiam in qua particulæ circa eadem corpora atmoſphærarum inſtar diffuſæ, aliæ in alias poſſint agere, e corpore electrico per exceſſum fluit illico ejuſmodi fluidum in corpus electricum per defectum, donec fluidum ad *reſpectivam* æqualitatem in utroque corpore perveniat. Porro fieri poteſt in hoc continuo effluxu ut corpora quæ fluidum dant & recipiunt, ad ſe invicem accedant, ſi leviora ſint, vel libere pendeant. Imo ſi materiæ coacervatæ motus vehementiori fuerit, exploſiones excitari poterunt, ſcintillæ, tonitrua fulminaque ipſa.

VIII. Hinc aliqua ratione intelligi poteſt experimentum *Batavicum* quod eſt hujuſmodi. Phiala vitrea mediocris craſſitiei, dimidia circiter parte aquam continet; hæc autem manu ſuſtinetur, filo metallico in aqua interim pendente; illud vero filum alligatur lamellæ metallicæ aut corpori *per communicationem* electrico, quod ideo *conductor* vel *deferens* ſolet appellari, eo quod illius ope materia electrica propagetur & veluti ducatur atque deferatur. Si machinæ hoc modo comparatæ imponatur globus vitreus qui circa axem velociſſime convertatur, ſicca manu interim perfrictus, hic eximiam vim electricam concipiet quæ in corpora per communicationem electrica tranſibit. Jam excitata in globo vi electrica, ſi *conductori* extremitas digiti admoveatur, non ſolum ſcintillam elicies, ſed te quoque vehementiori ictu percuſſum ſenties, atque eam ob cauſam experimentum illud *fulmen electricum* vocatur. Porro ad magnam diſtantiam propagatur fluidum electricum, & tanta eſt diſtantia illa ut Phyſicorum experimenta & diligentiam fugiat; ſi longiſſimum quoque filium ferreum filis ſeri-

cis

cis sustineatur & in eo excitetur vis electrica, ad alterum fili ferrei extremum propagatur fluidum electricum tanta velocitate quæ nullam mensuram admittat. Si filum illud ferreum extremo digito tangatur, infinita propemodum velocitate extunditur fluidum electricum; quo autem longius est filum ferreum, eo vehementior sentitur ictus cum scintilla conjunctus. Si plures homines massis resinosis insistant pedibus & cum metallis in superficiem satis magnam extensis communicent, quæ tamen metalla filis sericis suspendantur, in hac etiam longissima hominum serie si vel unus ferrum vi electrica imbutum manu contineat, singuli electricitatem acquirent, leviuscula corpuscula attrahent, atque ex iis vividissimæ elicientur scintillæ. Si resinosæ massæ sint subtiliores, electricitatis effectus debiliores fiunt, & nulli omnino, si inter pedes terramque ipsam nullum medium sit corpus natura sua electricum. Hinc certum videtur fluidam esse materiam electricam, eamque per vitrum, resinam, bombycem transire facilius, si corpora illa minus crassa fuerint, facillime autem pervadere metallorum, animaliumque corpora, quibus intermediis ad terram propagatur, nisi corpore aliquo natura sua electrico cohibeatur. Scintillæ e corporibus electricis excussæ cum fulgure & fulmine tantam affinitatem habere videntur ut Physici plurimi persuasum habeant tonitrus boatum nihil aliud esse quam vehementiorem scintillæ electricæ explosionem. Et requidem ipsa, dum cælum tonat, ferramenta massis resinosis imposita tantam electricitatis vim concipiunt, ut scintillas multo splendidiores reddant, quam quæ machinarum vi extundi possunt; sed de his agemus in

in proximo articulo. Cæterum quamvis de recentiori electricorum phænomenon invento non pauci doctissimi viri præclara nobis reliquerint quæ hic fusius exponere non licet, fatendum tamen est immaturum, ut ita dicam, adhuc esse argumentum illud, longa fortasse annorum atque experimentorum serie perficiendum; quod vero generalem primamque attractionis & repulsionis electricæ causam spectat, valde probabile est eam ad universum mundi systema pertinere, ac proinde nostros auditores hortamur ut in difficilioribus id genus quæstionibus nihil audacius proferant vanissimasque explicationum umbras & inanes verborum sonos non amplectantur.

ARTICULUS II.

De subterraneis quibusdam meteoris atque phænomenis.

I. NEminem latet in terræ gremio contineri diversissimas magna copia corporum species, quæ simul permixtæ intestinis motibus agitantur, vehementissimamque fermentationem concipiunt. Sulphure, bitumine, nitro particulisque metallicis abundant terræ viscera; porro notissimum est Physicis mixturas quasdam fieri ex nitro intermixto sulphuri, bitumini & calci vivæ, quæ humido aliquo aspersæ accenduntur. Quidni ergo similes commixtiones sub terra fieri valeant quæ humore aqueo imbutæ ignem excitent? Si limatura ferri & suphur contritum misceantur atque aqua abluantur, ita ut ex iis componatur massa quædam mollis, hæc in vase aliquo condita & sub terra defossa magnum calorem primo excitabit, tum ignis & flamma emicabit

quæ

quæ terram ipſam ſubmovere poterit. Hac ratione clariſſimus Lemerius *Veſuvinos* ignes imitatus eſt; nec abhorret a vero hanc aut conſimilem rationem naturam adhibere ad magna Veſuvii incendia excitanda, ciendoſque terræ motus. Et quidem cauſam hanc confirmat ſoli natura; in iis ſi quidem locis quæ triſtiſſimis id genus phænomenis frequentius agitantur, terra prædictis materiis ad fermentationem ignemque idoneis referta obſervatur. Nulla autem dubitandi ratio eſſe videtur quin ad terræ motus conferat plurimum vis electrica, idque mox oſtendemus ubi fulminis cauſam explicare conabimur. Interim monere ſatis ſit, ſine eximia vi electrica intelligi vix poſſe quod narrant Scriptores aliqui, ad incredibilem fere diſtantiam propagatos fuiſſe terræ motus. At ſi ponamus, quod quidem probabiliſſimum eſt, ex vehementiſſimo partium attritu generari potentiſſimam vim electricam, multo facilius explicantur ſubterranea phænomena ad tantam diſtantiam propagata; & facto quod ſcriptum relinquerunt aliqui, fides conciliabitur, ingentem ſcilicet terræ concuſſionem, e veſuvii monte ad Conſtantinopolin uſque fuiſſe tranſmiſſam. Et requidem ipſa, vehementiores terræ motus quos memoriæ tradiderunt antiquiſſimi Scriptores, fulgure, igne, tonitru horruiſſe leguntur. Idem quoque his noſtris temporibus an. 1756. *Uliſſipone* contigiſſe fide publica certum eſt; de pleriſque Veſuvii montis eruptionibus id etiam narratur. Si autem ignis hic ſubterraneus, illiuſque, ut ita dicam, *focus* ſubtus mare delituerit, jam ipſas maris aquas ſublevare poterit variiſque in locis exundationes creare; quod quidem annis, 1755, 1756 accidiſſe infauſtis nuntiis accepimus.

II. Materiæ electricæ procul dubio referen-

di videntur ignes illi qui *fatui*, seu *erratici* & *ambulones* vocantur. Frequentes sunt in locis pinguibus, uliginosis, & paludosis, in cœmeteriis non raro visuntur & timidæ plebi terrorem incutiunt. Nonnunquam subito evanescunt, mox in alio loco resplendent, plerumque ad altitudinem sex pedum errant huc illuc, interdum altius hærent. Ex his ignibus aliqui lucentes sunt duntaxat, alii autem lucentes sunt simul & incendiarii ita ut palearia, tecta straminea & ædes incendere valeant. Dum ignes illi manu capiuntur, constare observantur ex materia viscosa & lubrica, non calida. Ejusdem naturæ est ignis qui *lambens* dicitur, hominum capillis equorumque jubis aliquando adhærens, præcipue dum pectine atteruntur. Ex dictis de igne electrico manifestum est ignes illos nihil aliud esse quam materiam electricam ex putrefactis plantis, cadaveribus, capillis, aliisque id genus corporibus motu atque attritu excussam. Eodem referendæ sunt exiguæ flammulæ quæ *Castor* & *Pollux* a nautis appellantur, & sæviente tempestate ad aplustria, ad funes, partesque navis volitare persæpe observantur. Ignem hunc esse electricum satis jam demonstrat memoratum in præcedenti articulo experimentum, quo nempe ferramenta, cælo tonante, eximiam vim electricam concipiunt, magnamque scintillarum copiam emittunt. Ad hunc ipsum locum pertinet phænomenum plane singulare cujus ego memini. In fastigio templi cujusdam apud Alvernos in Gallia, posita erat, de more, Crux ferrea. Tonante cælo e tribus crucis cuspidibus copiosæ emanabant scintillæ, tantaque lux aliquando splendebat quæ, ingruente etiam pluvia, præfocari non posset; sed Crux e loco dimota loci incolis terrorem, Physicis autem

tem

tem phænomenum eripuit. Iisdem causis tribuendi sunt globi ignei aliquando in aere excitati quorum aliqui longiorem caudam, ut plurimum trahunt. Sunt autem ejusmodi globi sæpe ingentes, lunari magnitudine apparuerunt plurimi, majores nonnulli. Ingentem hujusmodi globum Bononiæ observavit Montanarius ann. 1676. Visum est illud ipsum lumen super mare Adriaticum tanquam ex Dalmatia venisse ac per universam Italiam transivisse; in iis autem locis quibus verticale fuit, auditum scribit laudatus autor crepitantem fragorem qualis edi solet a curribus citato cursu super strata lapidea delatis. Addit hoc lumen velocissime motum fuisse, nam intra horæ scrupulum unum, 160 milliaria italica peragrasse comperit; aliqui autem ex his globis in eadem cæli parte suspensi & fere immoti videntur. Ex odore sulphuris quem globi illi spargere solent, intelligere pronum est hoc meteorum ex sulphureis potissimum exhalationibus conflatum esse; & re quidem ipsa talem esse globorum illorum naturam demonstrant perniciosissimi hujus materiæ effectus, dum in terram non sine fragore maximo dissiliunt. Per longum tractum dispersi, arbores disjiciunt, evellunt, firmiora etiam ædificia solo coæquant, vehementissimos ventos excitant. Valde autem probabile est aeris elasticitatem magna sulphuris copia debilitari, quocumque tandem modo id fiat. Hinc aerem longius remotum magna vi irruere necessum est, validiorem ventum excitare, & ad ædificiorum ruinam conferre. Porro certissimum est hujus meteori ignem materiæ electricæ simillimum esse, ac proinde vi electricæ referendam esse maximam prædictorum effectuum partem. Hoc ipso anno 1761 nuntiis publicis accepi.

cepimus Londini visum fuisse ingentem hujusmodi globum qui ædificia plurima subvertit non sine magna animalium strage; interim vero cælum flammis, fulgure, tonitruque sæviebat. Quod autem meteora illa globi figuram, ut plurimum, aliasque etiam figuras interdum referant, id tribuendum videtur partim flantibus ventis, partim materiæ electricæ attrahenti. Sed singulos talis materiæ motus, innumeris causis variatos atque turbatos nulla assequi potest Physicorum industria, ullave explicatio.

III. Hinc fulminis naturam atque genesim aliqua ratione licet intelligere. Fulmen differt a tonitru & fulgure; *fulminis* nomine appellatur rapidissima flamma ex nubibus ad terram usque maximo cum impetu delata, & obvia omnia prosternens. *Tonitrus* autem nihil aliud est quam fragor in summo aere subita exhalationum aut materiæ electricæ inflammatione ortus; *fulgur* vero est ipsa materiæ accensio. Itaque patet eandem esse fulminis, tonitrus, fulgurisque materiam & ratione effectuum duntaxat distingui. Jam meteori causam, juxta recentiores cultioresque Physicos, explicabimus. Calore solis, aut ventis aliisque aeris mutationibus, saltem tanquam a causa primaria, procellosas nubes non excitari, certum omnino videtur. Etenim autumnali hybernoque tempore hic Romæ & in aliis regionibus plurimis haud rara sunt tonitrua & fulgura. Præterea tranquillo penitus aere suboriuntur procellosæ nubes, & ipsa atmosphæræ tranquillitas imminentis procellæ indicium esse solet. Hæc igitur non est, ut vulgo credebatur, saltem generalis procellarum origo. In terræ sinu illiusque superficie, atque in liberis atmosphæræ regionibus, materiæ electricæ magnam

gnam

gnam copiam latere ex præcedentibus experimentis manifestum est. Porro hujus materiæ æquilibrium plurimis de causis tum in terræ gremio, tum in ipso aere turbari posse evidens est. Hinc excitari poterunt plurimi & infinitis fere modis variati hujus materiæ motus; hinc nubes quæ ex aqueis partibus *per communicationem* electricis coalescunt, aliquando materia electrica imbuuntur magis, aliquando autem minus. Rem ita se habere demonstrat motuum vicissitudo in nubibus procellosis, materiæ electricæ variatis motibus simillima. Nubes quæ aquam deferunt, lente & tranquille admodum progrediuntur atque uniformi quasi motu expanduntur; nubes aliæ quæ grandines, turbines fulgurque devehunt, ex improviso veluti apparent, impingunt, versus se invicem post contactum resiliunt, frequentissimisque reflexionibus jactantur, donec simul conjungantur & unum veluti corpus electricum componant. Jam vero si ponamus variabilem aliquam ob causam, alicubi accumulari materiam electricam, alibi autem deficere, & vapores plures, aut nubes, aut corpora quævis *per communicationem* electrica utrique loco esse interjecta, intelligemus a loco ad locum, redundantem electricitatis materiam vehementissime vibrari, interposita corpora trajicere, infinitis prope modum motibus serpere, atque mirabiles omnino effectus edere; experimento rem illustrabimus. Supra massam ex cera vel resina conflatam collocentur metallici plures globuli, ita ut linea omnium centra conjungens per varios serpat gyros; deinde quo tempore primus globulus catenæ propius admovetur, ultimus globulus digito tangatur, scintilla per globulos singulos ad digitum usque excurret. Porro experimentum

tum illud varias fulguris ambages satis feliciter explicat ; nec mirum amplius videbitur quod fulminis materia quædam corpora pervadat, aliis propioribus relictis, ensem solvat vagina intacta , oculos feriat inoffenso corpore . Alia plurima sunt fulminis scintillæque electricæ simillima phænomena ; scintilla electrica inflammat corpora quæ flammam concipere possunt, ita etiam fulmen ejusdem naturæ *inflammabilis* corpora invadit, illaque in fumum ac cineres resolvit. Scintilla electrica corporum evaporationem auget, gravem odorem spargit, tenuissimas fundit auri metallorumque particulas, ita etiam fulmen liquores in vase contentos dissipat , odorem pro locorum varietate varium effundit , & quæ pervadit metalla, solvit, dissipat, absumit. Scintilla electrica enecantur volucres, & fulmine intereunt homines , atque in hominibus fulmine tactis eadem deprehenduntur signa quæ in volucribus scintilla electrica percussis observantur. Quæ cum ita sint, fulmen considerari poterit tanquam scintilla ex nubibus electrica materia gravidis exclusa . Si electricorum ignium vires voluminibus proportionales esse fingamus, globi ignei qui diametrum lunarem referunt, vim longe majorem habebunt quamquæ ad disjiciendas ædes, evellendas arbores, propellendos lapides satis sit ; cum scintilla cujus diameter apparens sit lineæ unius , vitreum tubum facile frangat. Ex angulis catenæ vi electrica imbutæ micant coni valde lucidi & satis ampli, ita etiam ex nubibus aliquando ea poterit lux effundi quæ ad plures gradus extendatur, totumque cælum videatur occupare. Præterea vis qua in se invicem impingunt nubes , & fragor ex conflictu oriundus, enormiter excedet scintillæ electricæ strepitum

pitum pro majori nubium incurrentium amplitudine & vaporum ex quibus coalescunt, elasticitate.

Materiam electricam per universa corpora diffusam esse jam demonstratum est; ac proinde nullum dubium est quin fulmina alia è terræ gremio in aerem assurgant, alia autem ex aere in terram recidant. Ex hoc materiæ electricæ terram inter & atmosphæram commercio, sagacissimis quibusdam Philosophis in mentem venit a fulminis ictu ædificia fortasse liberari posse. Et quidem observandum est materiam electricam ad metalla potissimum dirigi, eaque esse materiæ electricæ ac proinde & fulmineæ, *conductores* sive *deferentes*. Igitur fulminis materia, cæteris paribus, corpora metallica præsertim imbuet, atque ex iis deinde emergens alia corpora pervadet. Itaque si *deferentes* metallici ad terram usque pertingant, hi fulminis materiam in terræ gremio deponent atque amovebitur fulminis periculum. Ita ædium aliquarum tecta metallicis canalibus circumdata sunt ad excipiendas demittendasque aquas; si autem in ædium illarum fastigio erigantur duæ vel tres metallicæ cuspides fili ferrei ope cum iisdem canalibus communicantes, periculum declinari posse sibi persuadent aliqui, & quidem non omni destituuntur fundamento, ut ex doctrina hactenus explicata colligitur. Et certe audivimus præsentissimum periculum expertos fuisse quosdam Physicos qui procellosa tempestate, nulla prævia diligentia tentare ausi sunt experimenta electrica; imo si narrationi fides esse debeat, eorum aliquos fulmine tactos fuisse didicimus. Laudanda quidem est Physicorum humanitas qui avertendis periculis humanique generis securitati invigilant,

sed

ſed Dei flagella timere melioreſque fieri debemus.

IV. In omnibus meteoris partes aliquas habere videtur vis electrica. Si aquæ guttula *per communicationem* facta ſit electrica, ea ſal tritum attrahit, atque inde firmitatem aliquam adipiſcitur, ſeu in maſſam compingitur. Pari ratione, ſi in nubibus procelloſis idem majori copia fieri ponamus, nubium particulæ maximam ſalium, nitrorumque per atmoſphæram effuſorum copiam trahent & in *nivem* atque *grandinem* cogent. Si ex virga ferrea electricitate imbuta pendeat aquæ guttula quæ pollicis circiter intervallo diſtet a vaſe inferiori aquæ pleno, gutta ſuperior pendens oblongatur, excutitur ſcintilla crepituſque auditur. En *columnæ* ſeu *tubæ marinæ* & *typhonis* ſimillimam imaginem; aliquando enim aqua circularem motum inchoare a Nautis obſervatur, & paulatim ad altitudinem ſatis magnam aſſurgere; vortex ille ſi mari immineat, *tuba marina* appellatur. *Typho* autem dicitur ſi aereus ſit vortex terræque ſubjectus. Periculoſi admodum ſunt hujuſmodi turbines, & raro incumbunt terris ſine maxima clade. Cæterum quamvis ad meteora aquea plurimum conferat materia electrica, aliæ tamen cauſæ quæ vulgo afferri ſolent, non debent omnino excludi. Nempe calore ipſius terræ & calore ſolis ſublevantur vapores & ad altiorem atmoſphæræ regionem aſſurgunt, ibique ob minorem ſpecificam gravitatem ſuſpenſi manere poſſunt. Si vero frigore addenſentur majoremque acquirant gravitatem ſpecificam, proprio pondere relabuntur, vel pluviæ vel nivis vel grandinis inſtar. Hæc eſt vulgaris explicatio, quam quidem omnino de medio tollere immerito quis tentaret. Quamvis enim

enim in meteoris aqueis partem maximam agere possit materia electrica quæ corpora longe graviora per aerem suspendere valeat, certum tamen est alias quoque causas ad meteora aquea conferre, aliquando omnes simul, interdum aliquas tantum.

Antequam hunc articulum ultimamque Physices partem absolvamus, prætermittendum non est phænomenum quod variatis vividissimisque lucis jactibus phænomena electrica imitari solet. Fulgentissimum illud spectaculum plagam septentrionalem, ut plurimum, illustrat, & *aurora borealis* appellatur. Arcus instar apparet atque ex illo vibrantur radii celeriter ascendentes iique admodum lati, instar columnarum verticalium nunc majori nunc minori copia, & tandem cælum flammis hinc inde serpentibus totum resplendet. Hujus phænomeni sedem in atmosphæra nostra collocant Physici omnes; & quidem ut alias prætermittam rationes plurimas, observationibus compertum est easdem auroras boreales in duobus locis licet parum distantibus non eodem tempore visas fuisse, quod quidem certissimo est argumento tales auroras non multum sublimes fuisse, & in atmosphæra nostra sedem habuisse. Hujus phænomeni altitudinem ex illius parallaxi investigarunt celeberrimi Mathematici, at fatendum est non satis tutam esse hanc methodum. Et quidem non constat auroram borealem e diversis locis observatam, esse eandem ipsam lucem quæ in eodem cæli loco fixa hærebat; quod tamen fieri oportet ad definiendam phænomeni parallaxim ac proinde & illius altitudinem. Vir doctissimus D. de Mairan summo ingenii acumine parique doctrinæ apparatu hujus phænomeni causam quæsivit in atmosphæra solari

quæ

quæ ad terrestrem usque atmosphæram aliquando pertingens, auroræ borealis spectaculum præbet. Præclarissima sane sunt opera quæ hac de re edidit vir clarissimus; opinionem hanc aggressus est celeberrimus vir Eulerus qui auroram borealem ex subtilioribus atmosphæræ nostræ particulis radiorum solarium vi impulsis conflatam esse existimavit. Sed litem hanc inter duos magnos viros componere, in argumento conjecturis pleno, non licet. Alii tandem ex materia electrica totum phænomenum repetunt hoc fere modo. Cum materia electrica sit ubique diffusa, alte etiam supra terrestrem superficiem evehitur materia hæc. Jam vero aer & quæ aeri immiscentur heterogeneæ particulæ, in terram, solem ac lunam graves sunt, circa terram diurno motu revolventes fluunt ac refluunt perpetuo, iisque in locis quibus ad perpendiculum insistunt luminaria, attolluntur primum, tum luminaribus progredientibus fluunt ab æquatore ad polos, atque in novum aerem particulasque alias impingunt. Hinc fieri potest ut particulæ illæ in locis admodum diversis diversa imbuantur materia electrica diversumque electricitatis gradum acquirant; atque tandem eædem particulæ in se incurrentes electricitatis gradu dissimiles, omnia exhibere poterunt electricitatis spectacula. Ratiocinationem hanc confirmant ex mutuæ gravitatis legibus & maris nostri analogia, atque tandem accuratissima afferunt experimenta quæ in *cervis*, ut vocant, *volantibus* institui solent; his enim subtilissimis experimentis compertum est cervos ad diversas altitudines diversisque temporibus per aerem sublatos, diversum electricitatis gradum concipere. His ita constitutis, jam consequuntur

omnia

omnia electricitatis phænomena, ex particularum in se impingentium varietate nascetur miranda motuum varietas, hinc igneæ columnæ surgere statim poterunt & subsidere, lucidæ succedent coronæ ignesque alii sine ordine per cælum dispersi. Quia vero aer hyberno tempore in regionibus borealibus fit densior, excitandisque electricitatis phænomenis aptior, hinc aurora borealis frequentior conspicietur hyberno tempore & terra in perihelio constituta, quod demonstrant observationes *meteorologicæ*. Hæ sunt variæ hypotheses quæ quidem singulæ suum habent probabilitatis gradum haud facile definiendum. Cæterum in iis quæ pertinent ad vim electricam, haud satis commendari debent clarissimi Beccariæ opera; hic enim aliis omnibus qui hactenus de eodem argumento scripserunt, palmam longe præripuit; nobis vero quibus injuncta est brevitas, hæc pauca satis sint; data autem præsenti occasione, nostram erga amicum venerationem libenter testatam voluimus.

APPENDIX

De quibusdam capitis præcedentis utilitatibus.

IN hoc capite mentionem fecimus de *fossilibus extraneis* quorum in terræ gremio magna latet copia, nec minor in ipsa telluris superficie apparet. Historiæ naturalis amatores maxima admiratione percellit tanta *conchyliorum marinorum* & *piscium* varietas, quibus abundare aliquando observantur altiores montes profundioresque valles, in magna etiam a mari distantia. Tot & tanta conchyliorum

rum

rum fossilium strata horizonti fere parallela semper deprehenduntur, aliquando autem strata plurima intermediis, ut ita dicam, lectis vel terreis vel arenosis separantur; neque casu quodam in nostras regiones traslata credi possunt. Ita autem persæpe accumulata sunt conchyliorum strata, ut animalia quæ conchyliorum illorum incolæ fuerunt, quasi eandem familiam atque societatem constituisse videantur. Id autem mirandum est maxime quod corpora illa marina ad maria nostra minime pertineant, sed e remotissimis plagis ad nos advecta fuisse credantur a peritissimis historiæ naturalis Scriptoribus. Hæc antiquissima monumenta velut tristissimas diluvii universalis reliquias venerari non dubitant aliqui Physici, quorum sententiam confirmare videntur inventa in montibus a mare longe dissitis instrumentorum nauticorum fragmenta. Hæc quidem universalis diluvii documenta, &, ut alii appellant, *numismata*, pie ac religiose vindicantur; sed his argumentis quæ suis non carent difficultatibus minime indiget, nulli difficultati, nulli errori obnoxia Sacræ Scripturæ divina autoritas. Quid clarius his Dei comminantis verbis cap. 6. Genes.: *Delebo hominem quem creavi a facie terræ; finis universæ carnis venit coram me; ecce ego adducam aquas diluvii super terram ut interficiam omnem carnem, universa quæ in terra sunt consumentur*. Quod autem minas eventus fuerit subsecutus, aperte constat cap. 7.: *consumptaque est omnis caro quæ movebatur super terram, aquæ prævaluerunt nimis super terram, opertique sunt omnes montes excelsi sub universo cælo*. Et certe si in habitatas duntaxat terræ partes diluvium sævierit; ad quid Noe, Deo jubente, arcam sibi fabricasset? cur in eam ani-

animantia introduxiſſet ? cum a diluvianis aquis in aliis regionibus facile tutus eſſe potuiſſet. Sed de his fuſius diſſerere ad Sacræ Scripturæ interpretes pertinet; ſupereſt ut refellamus objectiones duas quæ Phyſicorum juris eſſe videntur. Intelligi nequaquam poſſe ajunt aliqui qua via in Americam penetrare potuerint fera animalia. In omnes *continentis* noſtræ partes facile quidem migrare potuerunt domeſtica animalia ſimul cum hominibus earumdem terrarum incolis, fera quoque animalia temporis ſucceſſu viam ſibi quærere potuerunt. At omni caret veriſimilitudine leones, tigres aliaque hominibus pernicioſſima animalia in alterius continentis regiones fuiſſe translata. Hæc quidem eſt ineptiſſima objectio quæ adverſariis proponentibus ſolvenda etiam manet. Et quidem cum Deus cunctas animalium ſpecies in paradiſo terreſtri conſtituerit *eaſque adduxerit ad Adam*, etiamſi nullum fuiſſet diluvium, quæſtio pari jure fieri poſſet quomodo ferociſſima animalia in Americam pervenire potuerint. Variæ autem huic quæſtioni reſponſiones eſſe poſſunt. Et primum quidem veriſimillimum eſt, Americam reliquis terræ partibus conjunctam eſſe, vel anguſto *iſthmo* animalibus facile pervio a *continente* noſtra dirimi. Et re quidem ipſa anno proxime elapſo rariſſimam ego vidi tabulam geographicam *Petropoli* eleganter inciſam, in qua delineabatur tranſitus a viatoribus Ruſſis per exiguum fretum in Americam his nuperrimis annis inſtitutus. Tandem ſi in noſtras regiones plurima id genus animalia etiamnum hodie longius accerſantur, quidni etiam fieri potuit eadem animalia in Americam fuiſſe advecta? Huic ineptiſſimæ objectioni aliam adjungunt impietatis plenam; divinam omni-

po-

potentiam calculis arithmeticis metiri præsumunt, & fieri non posse ajunt ut atmosphæra universa in imbres etiam copiosissimos resoluta altiores montes attingat. Nihil certe audacius quam supremo aquarum rerumque omnium creatori limites præscribere & diluvii universalis facultatem adimere; *rupti sunt omnes fontes abyssi, cataractæ cæli apertæ sunt, & facta est pluvia super terram 40 diebus & 40 noctibus*. Genes. cap. 7. Verum quamvis divinæ vindictæ arcana scrutari non liceat; postquam Physicorum quorumdam impietatem redarguimus, non abs re erit illorum quoque in rebus physicis imperitiam ostendere. Et quidem amplissimas regiones copiosissimis aquis per ipsas quoque rupium & montium fauces exundantibus devastatas fuisse certa fide traditum est. Tantam aquarum copiam comitabantur horrendi tonitrus & fulmina; atque hinc reddi potest effectuum illorum ratio, si nempe meminerimus tempestatum illarum causam ex atmosphærica subterraneaque materia electrica probabilissime repetendam esse. Si nempe inter ignem electricum in terræ gremio latentem & per universam quoque atmosphæram dispersum, maxime turbetur æquilibrium, non caret verisimilitudine ipsa rumpi montium latera, magnoque impetu aquas eructare, quod aliquando contigisse certum est. Hæc breviter dicta sint ut reprimatur Physicorum illorum superbia qui subterraneas aquas velut commentitias derident. Cæterum divina supplicia timemus, adoramus, sed explicare non præsumimus.

F I N I S.



Tom. V. Tav. I.

